This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

East Engin.
Library
TL
509
.L949

Luftfahrzeugbau und -Führung

Hand- und Lehrbücher des Gesamtgebietes

In selbständigen Bänden unter Mitwirkung von

Dr. G. Austerweil-Paris. **R. Basenach †**, Ingenieur, Berlin. **A. Baumann**, Ingenieur, Professor für Luftfahrt, Flugtechnik und Kraftfahrzeugbau an der Techn. Hochschule Stuttgart. **P. Béjeuhr**, Ingenieur, Beeidigt. Sachverständiger für Luftfahrzeugbau an der Handelskammer und der Kammer- und Landgerichten Berlin. **Dr. A. Berson**, Professor, Berlin. **Dr. G. von dem Borne**, Professor für Luftfahrt an der Techn. Hochschule Breslau. **Dr. F. Brähmer**, Chemiker, Assistent an der Kgl. Militärtechn. Akademie Berlin. **G. Christians**, Dipl.-Ingenieur, Heidelberg. **R. Clouth**, Fabrikbesitzer, Paris-Neuilly. **Dr. M. Dieckmann**, Privatdozent für reine und angewandte Physik an der Techn. Hochschule München. **H. Dorner**, Dipl.-Ingenieur, Berlin. **Dr. H. Eckener**, Friedrichshafen a.B. **Dr. Flemming**, Stabsarzt an der Kaiser-Wilhelms-Akademie Berlin. **R. Gradenwitz**, Ingenieur, Fabrikbesitzer, Berlin. **J. Hofmann**, Preußischer Regierungsbaumeister, Kaiserl. Reg.-Rat a. D., Genf. **H. Krastel †**, Ingenieur. **Dr. W. Kutta**, Professor an der Techn. Hochschule Aachen. **Dr. F. Linke**, Dozent für Meteorologie und Geophysik am Physikal. Verein und der Akademie Frankfurt a. M. **Dr. A. Marcuse**, Professor an der Universität Berlin. **Dr. A. Meyer**, Assessor, Frankfurt a. M. **St. v. Nieber**, Exzellenz, Generalleutnant z. D., Berlin. Dr.-Ing. **E. Roch**, Dipl.-Ingenieur, Berlin. **E. Rumpler**, Ingenieur, Direktor, Berlin. **O. Winkler**, Oberingenieur, Berlin u. a.

herausgegeben von

Georg Paul Neumann

Hauptmann a. D.

XV. Band

München und Berlin 1914
Druck und Verlag von R. Oldenbourg

Anlage und Betrieb von Luftschiffhäfen

Von

Dipl.-Ing. **Christians**
Heidelberg

Mit 47 Textabbildungen

München und Berlin 1914
Druck und Verlag von R. Oldenbourg

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechtes, vorbehalten
Copyright 1914 by R. Oldenbourg, Munich

Vorwort.

Vorliegende Abhandlung stellt einen Versuch dar, in systematischem Aufbau die Erwägungen zusammenzustellen, welche bei der Anlage eines Luftschiffhafens obzuwalten haben. Hierbei ist weniger auf die Konstruktion der Hallen selbst eingegangen, als vielmehr auf die Gesamtanlage alles dessen, was zu einem vollständig ausgerüsteten Hafen gehört. Die Arbeit berührt also die für die Auswahl eines Landungsfeldes in wirtschaftlicher und technischer Hinsicht geltenden Grundsätze; sie erläutert — stets ausgehend von den mit einem Luftschiff vorzunehmenden Manövern — die auf dem Ankerplatz zu schaffenden Einrichtungen und behandelt mit besonderer Ausführlichkeit die Frage des Ein- und Ausfahrens der Schiffe sowie alle hierauf bezüglichen Einrichtungen. Damit ist zugleich die Grundlage gegeben für die Beurteilung der verschiedenen Hallentypen, deren Vorzüge und Nachteile im einzelnen erörtert werden. Es folgen Abschnitte über die Festlegung der Hallen-Abmessungen und über die Toranlagen etc. Einige die Bauausführung betreffende Einzelheiten werden kurz gestreift und danach in den Schlußkapiteln verschiedene Fingerzeige gegeben für den Ausbau und die Einrichtung der Hallen.

Zweifellos kann dem Luftfahrer auch die gediegenste Hallenkonstruktion des Hochbauingenieurs nichts nützen, wenn sie so angelegt ist, daß ein Schiff bei ungünstiger Witterung nicht einfahren kann, also gerade dann, wenn es des Schutzes bedarf. Ebenso kann eine noch so genial ersonnene Bergungseinrichtung keinen Fortschritt bringen, wenn ihre Anwendbarkeit Luftschiffkonstruktionen zur Voraussetzung hat, welche nicht existieren. Nur wenn alle Faktoren ihrer Wichtigkeit entsprechend berücksichtigt sind, können sich wirklich brauchbare Anlagen ergeben,

364153

und dazu gehört in erster Linie ein harmonisches Zusammenarbeiten zwischen Hallenbau, Luftfahrt und Luftschiffbau. Vom Standpunkt der beiden letztgenannten Fächer aus ist diese Arbeit geschrieben; möge sie sich als brauchbare Ergänzung der Veröffentlichungen bewähren, welche über den Hallenbau bereits bekannt geworden sind, und nützliche Anregungen bieten für die Anlage künftiger Luftschiffhäfen, von denen gerade gegenwärtig eine größere Anzahl im Entstehen begriffen ist.

Bei der Durcharbeitung des Stoffes erfreute ich mich der tatkräftigen Unterstützung meiner Kollegen, insbesondere des Herrn Dipl.-Ing. Bleistein, dem ich auch an dieser Stelle verbindlichsten Dank sagen möchte.

Heidelberg, im Juni 1914.

G. Christians.

Inhalt.

I. Teil.

Seite

Einleitung 1
Aufgabe der Luftschiffhäfen. 2
Abschnitt I: Lage der Häfen nach ihrem Verwendungszweck 6
Militärluftschiffhäfen 6
Private Häfen 8
Zwischenstationen 9
Luftschiffwerften 10
Abschnitt II: Wirtschaftliche Anforderungen. 10
Günstige Verkehrslage 10
Bodenpreise, Steuern 13
Ausnutzbarkeit des Geländes 13
Abschnitt III: Fahrtechnische Anforderungen 15
Meteorologische Verhältnisse 15
Windgeschwindigkeit 15
Hauptwindrichtung 19
Vertikale Luftströmungen 20
Gewitter 22
Einflüsse der Temperatur. 23
Niederschläge 25
Nebel 26
Bodenbeschaffenheit 26
Höhenlage 27
Ansteuerbarkeit 28
Sichtbarkeit 30
Größe des Platzes und Aufstellung der verschiedenen Hallentypen 31
Feste Halle mit einer Ausfahrt 32
Feste Halle mit zwei Ausfahrten 33
Drehbare Halle. 33
Vereinigung mehrerer Hallen 34

II. Teil.

Seite

Abschnitt IV: Manöver auf dem Hafengelände und hierfür erforderliche Einrichtungen 36
Das Ankern der Luftschiffe 36
Ermittelung der auftretenden Kräfte 36
Auftriebsschwankungen 37
Winddruckkräfte 38
Dynamische Wirkungen 41
Ankereinrichtungen 42
Feste Erdanker 42
Ankertürme 45
Provisorische Anker 46
Das Festmachen und Verholen 48
Das Ein- und Ausfahren der Luftschiffe 50
Ausführung d. Manövers b. verschiedenen Windverhältnissen 50
Größe des seitlichen Winddrucks 55
Bedarf an Haltemannschaften 58
Führungsschienen und Laufkatzen 60
Führungswagen 64
Verfehlte Einrichtungen 66
Zusammenfassung 67
Grenzen d. Anwendbarkeit bzgl. Festigkeit d. Schiffskörpers 69
Natürlicher und künstlicher Windschutz 76
Bergungseinrichtungen 77
Das Nachfüllen der Betriebsstoffe 85
Sonstiges 86
Markierungen und Signaleinrichtungen 86
Station für drahtlose Telegraphe 87
Wind- und Temperatur-Meß- und Anzeigevorrichtungen 88

III. Teil.

Abschnitt V: Hallentypen und ihre Verwendung 90
Verschiedene Ausführungsformen, ihre Vorzüge und Nachteile 90
Feststehende Längshallen 90
Stern- und Rundhallen 91
Drehbare Hallen mit und ohne Boden 93
Aufklappbare Hallen 99
Schwimmende Hallen 99
Transportable Hallen 101
Einfache Hallen oder Doppelhallen 104
Einfahrmöglichkeit 104
Sicherheit 106
Kombination einer drehbaren Halle mit festen Hallen . 108

Abschnitt VI: Festlegung der lichten Maße und Durchbildung des Profils 112
Länge, Höhe und Breite 113
Profil 115
Abschnitt VII: Abschluß der Einfahrtsöffnungen 118
Segeltuchvorhänge 119
Toranlagen: Drehtore, Schiebetore, Falttore 121
Abschnitt VIII: Bauausführung und Einrichtungen zur Unterbringung der Luftschiffe 125
Schutz gegen äußere Einwirkungen 125
Dacheindeckung 125
Wandverkleidung 126
Fenstergröße und -anordnung 129
Lüftungseinrichtungen 130
Fußboden 131
Lagerung des Schiffes und seiner Teile 131
Instandhaltung, Reparatur und Neubau 134
Abschnitt IX: Einrichtungen zur Versorgung der Luftschiffe 137
Wasserstoff 137
Benzin 140
Verschiedenes 140
Namen- und Sachverzeichnis 142

Litteratur-Verzeichnis.

R. Aßmann: Die Winde in Deutschland.
A. Haenig: Luftschiffhallenbau.
Hann: Lehrbuch der Meteorologie.
F. Linke: Aeronautische Meteorologie.
R. Sonntag: Über die Entwicklung und den heutigen Stand des deutschen Luftschiffhallenbaus.
Deutsche Luftfahrer-Zeitschrift, diverse Aufsätze.

Erster Teil.

Einleitung.

Die fortschreitenden Erfolge im Bau lenkbarer Luftschiffe, die vornehmlich in den letzten zwei Jahren eine zuvor kaum geahnte Ausdehnung des Verkehrs in den Lüften ermöglichten, haben gleichzeitig die Schaffung von Anlagen notwendig gemacht, die den Luftschiffen als Ausgangs- und Stützpunkte für ihre Fahrten dienten. So ist denn inzwischen bereits eine ganze Anzahl von Ankerplätzen geschaffen und es sind zahlreiche Hallen zur Unterbringung der Luftschiffe errichtet und in Betrieb genommen. — Und doch hat schon das verflossene Jahr den Beweis geliefert, daß die zurzeit vorhandenen Hallen eine freie Entwicklung der Luftschiffahrt nicht zulassen. Ja, die Anlagen reichten zum Teil nicht einmal aus, wenn nur zwei oder drei Luftschiffe gleichzeitig auf Überlandflügen begriffen waren; sei es, daß die Hallen für mehrere Schiffe keinen Raum boten, daß Wasserstoff in genügender Menge nicht zu beschaffen war, oder sonstige Unzulänglichkeiten mehr.

Nachdem die neuesten Luftschiffe durch glänzende Fahrten über weite Entfernungen bei Sturm und Wetter ihre Fahrtüchtigkeit und aussichtsreiche Verwendbarkeit für militärische Zwecke erwiesen haben, wird die Zukunft unzweifelhaft eine weitere Zunahme des Luftverkehrs bringen. Es ist daher nur zu berechtigt, ja es ist dringende Notwendigkeit, daß neben der Forderung nach Schaffung einer starken Luftflotte auch die eines umfangreichen Ausbaues des Netzes von Luftschiffhäfen erhoben wird.

Aber noch eine weitere Erfahrung haben die verflossenen Jahre gebracht: Wertvolle Schiffe, die auf zahlreichen Fahrten manchem

Sturm in der Luft getrotzt haben, sind weit schwächeren Winden am Boden unmittelbar vor der Halle zum Opfer gefallen, weil ein Einbringen mit den bestehenden Einrichtungen nicht möglich war. Enorme Werte wurden auf diese Weise oft in einigen Sekunden vernichtet, Schläge, die zwar die Entwicklung der Luftschiffahrt nicht aufzuhalten vermochten, die aber dazu angetan waren, sie stark in Mißkredit zu bringen.

Zu diesen momentanen Verlusten kamen in vielen Fällen andere fortdauernde Unkosten, die zurückzuführen waren auf verfehlte Anlage oder Dimensionierung der Hallen oder darauf, daß man mit einem geringen Anlagekapital auszukommen suchte, aber die jährlich wiederkehrenden und mit wachsendem Verkehr erheblich steigenden Betriebsunkosten außer acht ließ. Solche Unkosten können Beträge erreichen, die die Rentabilität der gesamten Anlage in Frage stellen.

Ein Verkennen oder Außerachtlassen gewisser grundlegender Anforderungen wird sich bei der Anlage von Luftschiffhäfen stets bald rächen. Ja, es kann dazu führen, daß solche Häfen von Luftschiffen überhaupt gemieden werden, womit dann das investierte Kapital zum größten Teil nutz- und zwecklos geopfert ist.

Diese Tatsachen zwingen notwendig dazu, die bereits vorliegenden Erfahrungen, die der praktische Luftschiffbetrieb bei vorhandenen Anlagen gezeitigt hat, eingehend zu prüfen und unter Berücksichtigung der jeweilig lokalen Anforderungen bei neuen Anlagen zu verwerten.

Aufgabe der Luftschiffhäfen.

Um über die zweckmäßigste Anlage und Ausstattung der Luftschiffhäfen Klarheit zu gewinnen, müssen zunächst die Aufgaben präzisiert sein, für welche sie bestimmt sind.

In erster Linie werden sie analog den Häfen in der Seeschifffahrt als Stützpunkte für die Fahrten dienen, die von hier ihren Ausgang nehmen und hier endigen. Dabei handelt es sich um die über Land von einem Hafen zum anderen verkehrenden Luftschiffe, sowie auch um diejenigen Schiffe, für welche die betreffenden Häfen aus militärischen, verkehrstechnischen oder wirtschaftlichen Rücksichten gewissermaßen als Standquartiere bestimmt sind. —

Wie das Seeschiff im tiefen Wasser, so ist das Luftschiff nur in der Luft in seinem Element. Hier kann es vermöge seiner Eigengeschwindigkeit Luftströmungen bis zu 20 m pro Sekunde und mehr Trotz bieten und eine Regenbelastung von mehreren hundert, ja tausend Kilogramm mit Hilfe seiner Höhensteuer leicht überwinden.

Nun gilt es, den Ankerplatz anzusteuern und die Landung zu bewerkstelligen. Schon für ein vollkommen steuerfähiges Schiff zählt das Landungsmanöver zu den schwierigsten, welche die Luftfahrt kennt; wieviel mehr noch für ein havariertes Schiff, welches den Nothafen aufsucht. Erste Bedingung ist also, daß durch umsichtige Wahl des Hafengeländes möglichst günstige Vorbedingungen geboten werden, um diese Manöver zu erleichtern. Hat das Luftschiff den Boden erreicht, so ist es mehr oder minder wehrlos, und nun lassen Sturm und Regen ihre Macht fühlen. — Es muß also auf dem Landungsplatz die Möglichkeit gegeben sein, die Schiffe wenigstens für kürzere Zeit bis zum Wiederaufstieg oder bis zum Einbringen in die Halle auch bei stärkerem Wind sicher zu verankern.

Ein Seeschiff, das im Hafenbecken an der Boje oder am Bollwerk vertäut ist, kann hier zum Löschen und Einnehmen der Ladung oder auch während des Aufliegens außerhalb der Fahrperiode Wochen hindurch verbleiben. Ein Luftschiff dagegen muß bei längerem Aufenthalt stets in einer schützenden Halle untergebracht werden. Einmal sind die einzelnen Bauteile, wie Gerippe, Hüllen, Motore etc., doch zu empfindlich, als daß sie auf die Dauer den Unbilden der Witterung schutzlos preisgegeben werden dürften; jedenfalls wäre das nur auf Kosten der ohnehin kurzen Lebensdauer möglich. Weiter kommt ein neues Moment hinzu, welches die Seeschiffahrt nicht kennt; das sind die Einflüsse der Temperatur und der Sonnenstrahlung auf das Gewicht des Gases und der Luft und damit auf den Auftrieb des Schiffes. Diese Einflüsse erschweren das Verankern eines Luftschiffes auf freiem Felde ganz bedeutend. Aber auch das Einfahren eines Luftschiffes birgt eine Fülle von Gefahren, denen in erster Linie durch zweckentsprechende Anlage des Hafens vorgebeugt werden muß.

Die Halle selbst hat vor allem den Anforderungen an Wind- und Wetterfestigkeit zu genügen. Soll sie doch meistens gerade während der schlechten Jahreszeit ihren Bewohner bergen und ihm

gewissermaßen die Möglichkeit bieten, sich von den Strapazen der Fahrperiode zu erholen. Auch für die einzelnen Teile des Fahrzeuges muß gesorgt werden; sind doch die Elemente deselben mehr oder weniger so feiner Natur, daß nur bei sorgfältigster Wartung mit ihrem zuverlässigen Funktionieren zu rechnen ist.

Einen Schritt weiter gelangt man zu den Häfen, die mehr oder minder vollzählige Einrichtungen besitzen, um alle Arbeiten zu ermöglichen, welche die Instandhaltung, Reparaturen und schließlich selbst Neubauten fordern. So ist der Übergang geschaffen vom einfachen Hafen zur vollständig ausgerüsteten Bauwerft, deren Einrichtungen allen Anforderungen gerecht werden sollen. Hier entsteht aus dem Rohmaterial das fertige Schiff. Von hier nehmen Werkstatt- und Probefahrten ihren Ausgang. Das bedingt nicht nur maschinelle Einrichtungen für den Bau; es erfordert auch eine günstige Lage des Anker- und Verholgeländes, um dem Führer die Aufgabe zu erleichtern, wenn er bei den ersten Fahrten eines Schiffes noch nicht recht mit den Eigenarten desselben vertraut ist.

Allen diesen Häfen sind mit mehr oder minder geringen Unterschieden die Ausrüstungen gemeinsam, die die Aufnahme der Fahrgäste und der Besatzung, der Betriebsmittel und sonstiger Ladung bezwecken. Sollen sich Gäste einfinden und soll das bestellte Personal und insbesondere die Schiffsbesatzung den nervenanspannenden Dienst in der erforderlichen zuverlässigen Weise verrichten können, so muß für ihre Unterbringung und Verpflegung entsprechend vorgesorgt werden. Ebenso sind Vorkehrungen zu treffen, um die für die Durchführung der Fahrten erforderlichen Betriebsstoffe und bei Militärschiffen eventuell auch Munition und Sprengmassen lagern und an Bord bringen zu können. Wenn man bedenkt, daß ein modernes Luftschiff rd. 5000 Gasflaschen zu einer Neufüllung und ca. 3000 kg Benzin für eine Fahrt von 20 Std. benötigt, so wird es klar, daß hier mit kleinlichen Mitteln und primitiven Anlagen nicht vorgegangen werden darf.

Es steht wohl außer allem Zweifel, daß die Luftschiffahrt schon in den verflossenen Jahren eine günstigere Entwicklung genommen hätte, wenn man bei der Anlage der Luftschiffhäfen von vornherein etwas großzügiger vorgegangen wäre. Ein sandiger Exerzierplatz mit einem mehr oder minder improvisierten Anker ist noch kein Luftschifflandeplatz; ebenso genügt keineswegs

jede Halle, deren lichte Maße knapp den Dimensionen der Luftschiffe entsprechen, den Anforderungen, welche nach den heutigen Erfahrungen an eine Luftschiffhalle gestellt werden müssen. — Welche Fülle von Einrichtungen zu einem vollständig ausgerüsteten Luftschiffhafen gehört und wie mannigfache Rücksichten bei der Anlage derselben zu walten haben, dafür gibt schon die vorausgegangene kurze Übersicht einen Anhalt. Es ist daher sehr zu begrüßen, daß neuerdings der Militärbehörde zu einem umfangreichen Ausbau der Luftschiffhäfen Mittel an die Hand gegeben sind. Sie stellen nur einen geringen Bruchteil der Summen dar, welche für Kriegsschiffhafenbauten, für Brücken- und Bahnhofsanlagen alljährlich ausgegeben werden. Um so mehr gilt es, auf Grund vorsichtiger Wägung und eingehendster Prüfung sämtlicher Faktoren mit den verfügbaren Mitteln praktisch brauchbare und dabei wirtschaftliche Anlagen zu schaffen.

Abschnitt I.

Lage der Häfen nach ihrem Verwendungszweck.

Aus der Aufgabe der Luftschiffhäfen, Stützpunkte für die Fahrten der Schiffe zu bilden, ergibt sich zunächst allgemein die Forderung, daß sie im Operationsgebiet derselben anzulegen sind. Dieses Gebiet wird wiederum durch die besonderen Zwecke bestimmt, denen die Luftschiffe in den einzelnen Fällen zu dienen haben.

Die wichtigste Verwendung liegt jetzt und fraglos auch für alle Zukunft auf militärischem Gebiete. Die Militärschiffe werden im Aufklärungsdienst den Aufmarsch der feindlichen Truppen oder die Bewegungen der Flotte zu erkunden haben. Sie werden aber auch offensiv vorgehen und ihr Ziel auf militärisch wichtige Positionen richten wie Brückenübergänge, Eisenbahnlinien, Hafeneinfahrten, Docktore etc., die sie durch Abwurf von Sprengmassen zerstören sollen. Diesen Aufgaben entsprechend wird man eine Reihe von Militärluftschiffhallen längs der Landesgrenze errichten. — Die Forderung, daß die Schiffe bei dem durch die Nutzlast beschränkten Aktionsradius ihre Aufklärungsfahrten möglichst weit in Feindesland ausdehnen oder möglichst große Sprengmassen mitführen sollen, verlangt, daß der Abstand der Häfen von der Grenze so gering als zulässig bemessen wird. Andererseits werden aber die Luftschiffhallen selbst heißumstrittene Angriffsobjekte sein, so daß sie schon durch geeignet gewählte Lage einem feindlichen Feuer möglichst entzogen werden müssen. Wären nur die Geschosse der feindlichen Artillerie zu befürchten, so genügte ein Abstand von etwa 20 bis 30 km von den nächsten feindlichen Grenzforts, um die Hallen zu sichern. Seitdem aber in den Flugzeugen sehr ernst zu nehmende Gegner entstanden sind, deren Angriffe ganz besonders auch auf die feindlichen Luft-

schiffhallen abzielen dürften, wird dieses Maß ganz erheblich größer zu bemessen sein. Auch muß man damit rechnen, daß der Feind ebenfalls über Luftschiffe verfügt, die zum Angriff übergehen werden. Es dürfte jedoch kaum angängig sein, auf Grund dieser Erwägung die Hallen so weit ins Innere des Landes zu verlegen, daß sie allein durch ihre Entfernung von der Grenze vor Angriffen geschützt erscheinen. Mit der Länge des Weges und der Fahrtdauer sinkt ja auch der Wert jeder Erkundung; schnellstes Erscheinen vor dem Feind wird aber stets dringendste Forderung bleiben. Man wird sich daher damit begnügen, die Hallen nur soweit zurückzulegen, daß sie vor allzu plötzlichen Überraschungen gesichert sind.

Die Anzahl dieser Grenzhallen und ihr Abstand voneinander ist derart zu wählen, daß die von den hier stationierten Schiffen bestrichenen Gebiete auch unter ungünstigen Windverhältnissen die gesamte gefährdete Grenzlinie umfassen, und daß tunlichst auch eine Auswechselung der Schiffe unter den einzelnen Stationen bei jeder Wetterlage möglich ist. Um bei der exponierten Lage dieser Hallen nicht zuviel auf eine Karte zu setzen, dürfte es sich nicht empfehlen, mehr als ein oder höchstens zwei Schiffe auf eine solche Station zu legen. Denn gelingt es einem feindlichen Luftfahrzeug, einen Treffer anzubringen, so ist als sicher anzunehmen, daß — jedenfalls bei einer Doppelhalle — beide Luftschiffe außer Gefecht gesetzt werden. Auch Gasometer oder große Wasserstoffflaschenlager werden in steter Gefahr sein, der Zerstörung durch Flieger anheim zu fallen, und müssen hierbei selbst eine große Gefahrenquelle für die ganze übrige Anlage abgeben.

Hinter dem ersten Gürtel von Luftschiffhallen wird eine Reihe weiterer zu errichten sein, die als Hauptstationen bezeichnet werden können und zunächst zur Aufnahme der Reserveschiffe dienen als Ersatz für solche, die in der Front kampfunfähig werden. Da sie weit weniger gefährdet sind als die Grenzstationen, werden sie mit ausreichenden Werkstätten zu versehen sein zur Ausführung größerer Reparaturen, deren Erledigung die Grenzhallen unzulässig lange belegen würde. Sie sind derart auszubauen, daß je eine auf zwei bis drei Grenzstationen entfällt, und können mehrere an einem Platz konzentrierte Hallen umfassen. Größere Bestände an Reservematerial etc. sind hier anzulegen; große Wasserstofferzeugungsanlagen mit Gasometer würden in

Friedenszeiten einen billigen Betrieb gewährleisten, wenn sie durch Vereinigung mehrerer Schiffe an einem Ort voll ausgenutzt werden. Im Kriegsfalle aber würden sie die Möglichkeit bieten, die nur für den laufenden Bedarf zu bemessenden Bestände der Grenzstationen fortlaufend aufzufüllen. Auch könnten die Schiffe hier nach längerer Fahrperiode oder nach Beendigung größerer Reparaturen Neufüllungen erhalten. Derartige, mit allen Vollkommenheiten ausgerüstete, weit landeinwärts gelegene Zentralstationen dürften auch die geeignetsten Plätze sein zur Vornahme von Probefahrten neu in Dienst gestellter Schiffe sowie zur Ausbildung von Personal.

Außer für militärische Zwecke haben die Luftschiffe bisher nur sportlichen Zwecken gedient zur Ausführung von Vergnügungsfahrten. Ein verläßliches Verkehrsmittel sind sie noch nicht geworden, weil die Einhaltung bestimmter Fahrzeiten bei der Abhängigkeit von Wind und Wetter nicht gewährleistet werden kann und weil der Betrieb sich zu teuer stellt. — Die Anlage von privaten Luftschiffhäfen, von denen aus Passagierfahrten unternommen werden sollen, beschränkt sich daher auf solche Plätze, die eine gewisse Gewähr dafür bieten, daß sich Fahrgäste in ausreichender Zahl einfinden. Es sind dies zunächst Badeorte mit zahlungskräftigem, internationalem Publikum, das allein schon durch seine Lebensführung nicht abgeneigt ist, beträchtliche Fahrpreise zu entrichten, und ferner große Städte mit bedeutendem Fremdenverkehr. Die Großstädte haben im allgemeinen auch den weiteren Vorzug, daß die Verkehrsverhältnisse gut entwickelt sind, und daß eine mehr oder minder vielseitig ausgebildete Industrie in nächster Nähe ansässig ist — beides Faktoren, die von Wichtigkeit sind.

Voraussetzung für die Eignung zum Luftschiffhafen ist ferner, daß auch die sonstigen wirtschaftlichen und fahrtechnischen Anforderungen, die in den nächsten Abschnitten erörtert werden, in befriedigender Weise erfüllt sind.

Zwischen den Privathallen, wie auch zwischen den verschiedenen Militärluftschiffhallen wird sich nun durch Wechsel der Standquartiere ein steter Überlandverkehr entwickeln. Schon jetzt haben sich gewissermaßen Luftschiffstraßen ausgebildet, deren Weg durch geographische und meteorologische Verhältnisse gewiesen wird. Im wesentlichen werden die Täler großer Flußläufe als

Route benutzt werden, da sie ein Überfliegen höherer Gebirgszüge vermeiden lassen. Wenn auch unsere deutschen Mittelgebirge nicht so hoch sind, daß ein modernes Luftschiff sie nicht überfliegen könnte, so geht doch der Führer im allgemeinen nicht ohne zwingende Gründe über wenige hundert Meter hoch, um Gas zu sparen. Da meistens auch die Bahnlinien, die besonders für Nachtfahrten wertvolle Orientierungsmittel sind, in den Tälern verlaufen, so ist dies ein weiterer Grund, daß derartige Strecken mit Vorliebe befahren werden.

Wird nun der Abstand zwischen dem Anfangs- und Endpunkt einer solchen Straße größer als die Fahrstrecke, die ein Luftschiff unter allen Umständen zurücklegen kann, so werden Zwischenstationen zur Notwendigkeit. Um sicher zu gehen, wird man so rechnen, daß auch im Falle eines Defektes noch mit etwa zwei Drittel der Maschinenleistung und unter ungünstigen Windverhältnissen der nächste Hafen erreicht werden kann. Je zuverlässiger die Motoren werden und je mehr durch gesteigerte Tragfähigkeit der Aktionsradius der Schiffe wächst, um so weitere Etappen wird man zulassen können. Bei dem derzeitigen Stande der Luftschiffahrt kann als Entfernung, die sich auch unter recht ungünstigen Verhältnissen überwinden läßt, wohl eine Strecke von 250/300 km bezeichnet werden. Fraglos ist insofern z. B. die Halle in Gotha sehr günstig zwischen Dresden und Berlin-Hamburg einerseits und den Hallen an der Rheinlinie andererseits gelegen; sie wird daher auch von Luftschiffen auf Überlandflügen sehr häufig angelaufen. — Dagegen beweist die Zerstörung des S.-L. I in Schneidemühl, wie fühlbar der Mangel einer Etappenstation an geeigneter Stelle werden kann. Wäre seinerzeit die hier geplante Halle bereits errichtet gewesen, so wäre das Schiff, das an drei sehr heißen Tagen dort im Freien vor Anker liegen mußte, nicht einmal in irgendwelche ernstliche Gefahr geraten.

Für das Militär kommt noch eine Art von Stationen in Betracht, die den Etappenstationen im gewissen Sinne ähneln: Im Ernstfalle ist damit zu rechnen, daß die Landesgrenze entsprechend dem Vorrücken der Streitkräfte sehr bald beträchtliche Verschiebungen erleidet. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, für das Vordringen in Feindesland transportable Hallen verfügbar zu halten, die den vor dem Feinde operierenden Schiffen als Stützpunkte zu dienen haben.

Die letzte Kategorie von Häfen bilden die Luftschiffwerften. Auch bei ihrer Anlage wird bei der Wahl des Bezirkes eine gewisse Rücksicht auf die Eigenart des Verwendungszweckes zu walten haben. Aus fahrtechnischen Gründen sind sie zwar nicht so sehr an eine bestimmte Lage oder ein bestimmtes Gebiet gebunden, weil von hier aus nur einige wenige Werkstatt- und Probefahrten unternommen werden, und die fertigen Schiffe für weitere Neubauten so schnell wie möglich die Werften zu räumen haben. Sie werden aber zweckmäßig an solchen Orten angelegt, die durch die beteiligte Industrie und durch günstige Verkehrsverhältnisse eine rationelle Produktion gewährleisten. Wie in der Seeschiffahrt ist es natürlich auch hier am vorteilhaftesten, wenn die Werften selbst oder doch Niederlassungen derselben in unmittelbarer Anlehnung an die wichtigsten und am meisten befahrenen Luftschiffhäfen errichtet werden. Denn die Werften werden durch ihre Einrichtung sowohl als auch durch geschultes Personal stets am besten in der Lage sein, notwendig werdende Reparaturen in kürzester Zeit zu beheben.

Abschnitt II.

Wirtschaftliche Anforderungen.

Innerhalb des Bezirkes, der dem Luftschiff auf Grund seiner speziellen Aufgaben im einzelnen Falle als Aktionsgebiet zugewiesen wird, gilt es nun, den Platz zu wählen, auf welchem der Hafen anzulegen ist. Bei seiner Auswahl sind die Anforderungen, die die Luftschiffer in fahrtechnischer und die Luftschiffahrtsunternehmer in wirtschaftlicher Hinsicht an einen Hafen stellen, in gleicher Weise zu berücksichtigen.

Für die Wirtschaftlichkeit eines Hafens ist die Wahl einer günstigen Verkehrslage Grundbedingung. Von ihr wird die Rentabilität und die Lebensfähigkeit einer Anlage in erster Linie abhängen.

Bereits im vorigen Kapitel wurde darauf hingewiesen, daß sich insbesondere große Städte oder Orte mit starkem Fremdenverkehr für die Anlage von privaten Luftschiffstationen eignen. Sowohl die Fahrpreise wie die Eintrittsgelder für den Besuch der Hallen bilden

die Einnahmen der Luftschiffahrt betreibenden Gesellschaften. Passagieren und Besuchern ist daher der Zugang zu den Hallen nach Möglichkeit zu erleichtern. Da die Häfen im allgemeinen außerhalb des Weichbildes der Städte liegen, wo ihrem Platzbedarf Rechnung getragen werden kann, ist dafür Sorge zu tragen, daß durch gute Fahrstraßen und angenehme Fußwege, bei größeren Entfernungen durch elektrische Bahnen eine Verbindung mit der Stadt geschaffen wird. Leichte Verkehrsmöglichkeit veranlaßt häufig selbst bei geringer zur Verfügung stehender Zeit zu einem Besuche, während gewisse Schwierigkeiten im Erreichen des Hafens naturgemäß abschrecken.

Neben dem Heranziehen zahlenden Publikums hat die Verkehrserleichterung den großen Vorteil, daß das Betriebs- und Haltepersonal jederzeit schnell zur Stelle sein kann. Von besonderem Wert ist dies bei den Stationen, die keine oder nur geringe Belegschaft haben. Hier werden Mannschaften der Garnison oder der Feuerwehr zur Dienstleistung herangezogen, die jedesmal für den einzelnen Fall besonders angefordert werden müssen. Will z. B. ein havariertes Schiff eine solche Station als Nothafen anlaufen, so ist es naturgemäß von besonderer Wichtigkeit, daß das Aushilfspersonal schnell herbeigeschafft werden kann.

Außer günstigen Verbindungen für den Personenverkehr spielt die leichte Heranziehung der Materialien eine erhebliche Rolle. Die Beschaffung des Wasserstoffes gehört in erster Linie zu den Unkosten des Luftschiffbetriebes. Zur Erläuterung diene folgendes Beispiel:

Ein Luftschiff modernen Typs von 24 000 cbm sei innerhalb eines Jahres 250 Tage hindurch im Dienst und unternehme hiervon an 125 Tagen Fahrten; dann stellt sich der Gasverbrauch, ganz roh und überschlägig gerechnet, folgendermaßen:

1. Neufüllung	24 000 cbm
2. Nachfüllung an Fahrtagen infolge Höhendifferenz von rd. 320 m: 4%, infolge Temperaturdifferenz, Strahlung usw.: 3%, zusammen mindestens 7% an 125 Tagen =	210 000 »
3. Nachfüllung an 125 Liegetagen à 2% = .	60 000 »
insgesamt also = ...	294 000 cbm

Diese Verbrauchsziffer wird bei einigermaßen günstiger Wetterlage sicher schon von einem einzigen Luftschiff erreicht werden. Sie wird wahrscheinlich beträchtlich überschritten, wenn mehrere Schiffe den Hafen aufsuchen und besonders, wenn es sich um Militärluftschiffe handelt, die bei ihren Übungsfahrten stets größere Höhen aufsuchen und dann Nachfüllungen von durchschnittlich 10% benötigen. Eine einzige Fahrt auf kriegsmäßige Höhe von 1600 m würde, ohne Berücksichtigung des Temperatureinflusses, allein schon eine Nachfüllung von ca. 20% erfordern, vorausgesetzt, daß mit prallem Schiff aufgestiegen wird. — Rechnen wir aber in unserem Beispiel weiter mit dem ermittelten Werte von rd. 300000 cbm, so entspräche dieser Verbrauch bei Bezug des Wasserstoffs in Flaschen von 5 cbm Gasinhalt 60000 Flaschen = 240 Wagenladungen von je 15000 kg. Der Transport dieser 240 Waggons über einen Weg von 100 km kostet nach dem ermäßigten Tarif für Luftschiffwasserstoff ca. M. 12000; ebensoviel die Rücksendung der leeren Gasbehälter. Es könnte also pro 100 km geringerer Distanz vom Wasserstoffwerk jährlich ein Betrag von M. 24000 gespart werden. Hierbei ist die Transportdauer und die dadurch bedingte schlechtere Ausnutzung der Gasbehälter noch nicht berücksichtigt. — Muß ferner für den Transport der Gasbehälter von der Bahnstation zur Halle ein Umladen auf Fuhrwerk erfolgen, so pflegt für den einfachen Weg bei normalen Entfernungen von ca. 2 km ein Preis von 15 bis 20 Pf. pro Flasche berechnet zu werden, hin und zurück also m i n d e s t e n s 30 Pf.; das sind bei 60000 Flaschen im Jahre M. 18000. Hat man aber ein vollspuriges Anschlußgeleise zur Verfügung, das schon beim Bau der Halle sowie auch später zur Heranschaffung aller Materialien außerordentlich von Nutzen sein wird, so würden für An- und Abfuhr der Gasbehälter je nach der Entfernung nur ca. 500 bis 1000 M. benötigt werden.

Noch beträchtlich günstiger gestalten sich die Verhältnisse, wenn sich Gelegenheit bietet, eine Luftschiffhafenanlage in unmittelbarer Anlehnung an ein Wasserstoffwerk zu errichten. Es könnte dann durch direkte Entnahme des Wasserstoffs aus dem Gasometer auch das Komprimieren in Flaschen in Wegfall kommen, wodurch eine weitere Ersparnis von rd. 10 Pf. pro cbm erzielt würde, in unserem Beispiel also ca. M. 30000 jährlich. Dazu käme der Unterschied der Amortisation und Verzinsung von beispiels-

weise 4000 Gasflaschen mit einem Anschaffungswert von M. 200 000 gegenüber den Kosten für Gasometer und Gasleitung, die je nach den örtlichen Verhältnissen sowie nach der Produktion des Wasserstoffes und der danach zu bemessenden Größe des Gasometers sehr verschieden ausfallen, jedoch kaum die Kosten der Gasbehälter erreichen werden. Es besteht jedenfalls die Tatsache, daß Hallen, die in großer Entfernung von den Gaswerken liegen und dazu wegen ungünstig gewählter Lage einen Bahnanschluß entbehren, mit Kosten von 50 bis 60 Pf. pro cbm Wasserstoff loco Halle rechnen müssen, während bei direktem Anschluß an einen Gasometer der Kubikmeter für 10 Pf. erhältlich ist. Die Ersparnis beträgt in unserem Falle also mindestens M. 120 000 jährlich! — Daß aber eine Hafenanlage, die das zur Nachfüllung erforderliche Gas von durchschnittlich 4,5% = rd. 1000 cbm pro Tag um über M. 400 billiger liefert, unter sonst gleichen Bedingungen vor allen anderen Häfen von den Luftschiffen bevorzugt werden wird, oder daß eine Anlage, die diesen aus ihrer günstigen Lage resultierenden Gewinn für sich verbuchen kann, von vornherein ungleich vorteilhafter dasteht, liegt auf der Hand.

Auch der Anschluß an Motoren- oder Ballonfabriken oder das Vorhandensein sonstiger größerer Werkstätten am gleichen Platze kann für einen Luftschiffhafen zur schnelleren Erledigung von Reparaturen etc. wertvoll sein, wenn auch bei weitem nicht in dem Maße, wie die Nähe einer chemischen Fabrik, die den Wasserstoff als Nebenprodukt erzeugt und zu einem billigen Preise abgeben kann.

Als Nachteil der großen Städte ist dagegen nicht zu verkennen, daß für Löhne erheblich größere Aufwendungen anzusetzen sein werden als an kleineren Orten. Die gleichfalls beträchtlich teureren Bodenpreise dürften wahrscheinlich in vielen Fällen dadurch ihren Ausgleich finden, daß größere Gemeinden auch höhere Zuschüsse werden leisten können. Jedenfalls aber ist die Frage des Bodenwertes ebenso wie die der zu zahlenden Steuern und sonstiger Abgaben ernstlich zu prüfen. Hierfür sind naturgemäß dieselben Gesichtspunkte maßgebend, wie für jedes andere industrielle Unternehmen.

Ein Weg, die Wirtschaftlichkeit einer Hafenanlage zu erhöhen, besteht in einer möglichst vielseitigen Ausnutzung

des Geländes. Aufstieg und Landung der Luftschiffe beschränken sich stets auf einige Stunden am Tage; bei ungünstigen Wind- und Wetterverhältnissen werden die Fahrten häufig überhaupt ausfallen. In Durchgangshäfen, in denen kein Schiff dauernd stationiert ist, ebenso auch auf Werftanlagen können nicht nur Tage, sondern Wochen und Monate vergehen, ohne daß der Landeplatz für seinen eigentlichen Zweck verwertet wird. Es ist daher für die Rentabilität der Anlage von besonderer Wichtigkeit, nach weiteren Ausnutzungsmöglichkeiten zu suchen.

Am naheliegendsten ist die gleichzeitige Verwendung des Geländes als Flugplatz zur Erprobung von Flugzeugen und zur Ausbildung von Fliegern. Durch seine Größenverhältnisse wird es hierfür meistens ohne weiteres geeignet sein. Allerdings bedarf der Boden in diesem Falle einer sorgfältigen Planierung; auch soll er möglichst fest sein und starke Staubentwicklung ausschließen. Diese Eigenschaften machen ihn aber für einen Luftschifflandeplatz nur geeigneter. — Ebenso wird er sich um so besser als Sportplatz verwerten lassen und damit weitere Nebeneinnahmen bringen können — vielleicht auch in Gestalt von Subventionen seitens der in Frage kommenden Gemeinden. Weiter unten wird gezeigt, daß als Landeplatz am besten ein Wiesengelände zu gebrauchen ist. Hier liegt es im Interesse der Erhaltung der Grasnarbe wie auch der rentablen Ausnutzung, den Platz durch Schaf- oder Rinderherden beweiden zu lassen. Es ist nur dafür zu sorgen, daß das Vieh beim Landen und Aufsteigen der Schiffe, sowie bei regem Flugbetrieb rechtzeitig in einen abseits gelegenen, eingezäunten Raum getrieben wird.

Wenn auch diese Erträgnisse im einzelnen nur gering sein können, so werden sie doch bei der weiten Ausdehnung der Plätze schon erheblich mitsprechen. Jedenfalls ist es fraglos empfehlenswert, auf diese oder ähnliche Weise für eine gründlichere Ausnutzung der Bodenwerte zu sorgen, als es allein durch den Luftschiffbetrieb geschehen kann.

Abschnitt III.

Fahrtechnische Anforderungen.

Neben den wirtschaftlichen Anforderungen verlangen die fahrtechnischen eingehendste Berücksichtigung. Ihre Erfüllung ist in gewissem Sinne sogar eine der wichtigsten Vorbedingungen für die Wirtschaftlichkeit; denn sie ist — soweit es sich um grundlegende Gesichtspunkte handelt — Voraussetzung dafür, daß eine Hafenanlage auch tatsächlich von Luftschiffen und Flugzeugen aufgesucht wird. Nicht immer wird es gelingen, ein Gelände zu finden, das allen diesen Bedingungen gerecht wird; man wird sich vielmehr häufig mit einem Kompromiß begnügen müssen. In manchen Fällen stehen aber den wirtschaftlichen Anforderungen die fahrtechnischen so schroff gegenüber, daß man von der Benutzung eines nach der einen Seite fast ideal erscheinenden Platzes absehen muß, weil die anderen Bedingungen nicht ausreichend zu erfüllen sind.

Meteorologische Verhältnisse.

Für die Fahrtechnik sind vor allen Dingen die meteorologischen Verhältnisse und zwar in allererster Linie die vorherrschende Windgeschwindigkeit und die Windrichtung von Bedeutung. Dabei ist es weniger die Geschwindigkeit in Fahrthöhe der Luftschiffe, d. h. in einigen hundert Metern über dem Boden, die auf die Wahl der Gegend bestimmend wirkt, als vielmehr die des Bodenwindes selbst; denn in der Luft sind die Schiffe schon bei dem heutigen Stande der Luftschiffbau- und Motorentechnik, die bereits die Erzielung einer Eigengeschwindigkeit von über 24 m pro Sek. ermöglichte, wohl geborgen, so lange nur die Betriebsstoffe reichen. Das Kritische wird immer der Abflug, die Landung und das Einbringen in die Halle sein, sowie die Verankerung auf freiem Felde. Gerade bezüglich der Verhältnisse in Bodennähe liefert uns nun die Statistik (cf. die grundlegende Arbeit von R. Aßmann: »Die Winde in Deutschland«) den Beweis, daß die Windstärke an verschiedenen räumlich oft nicht einmal weit voneinander entfernten Orten außerordentlich verschieden sein kann. Allerdings darf dieses Material, wie Aßmann selbst betont, nicht als absolut einwandfrei gelten, da die Werte auf Schätzung der Beobachter beruhen und somit persönlichen Fehlern aus-

gesetzt sind, und da ferner die drei Beobachtungen von 7 bzw. 8 Uhr vormittags, 2 Uhr und 8 bis 9 Uhr nachmittags zu einem Tagesmittel vereinigt sind. Die Fahrten der Luftschiffe fallen aber sehr häufig aus Rücksicht auf Sonnenstrahlung und dadurch bedingte »unruhige Luft« nur in die Morgen- und Abendstunden, oder im Falle militärischer Aufklärungsfahrten, um sich der feindlichen Artillerie oder den Fliegern zu entziehen, sowie auf großen Fernfahrten in die Nacht- und in die frühesten Morgenstunden. Jedenfalls werden die Stunden um 2 Uhr nachmittags für Aufstiege und Landungen, also die Momente, für die der Luftschiffhafen in Frage kommt, im Hochsommer möglichst vermieden werden. Die Ausschaltung der Beobachtung in dieser Tageszeit und die Einbeziehung der Verhältnisse während der Nacht könnte aber das Bild wesentlich umgestalten.

Will man also über diese Verhältnisse Gewißheit haben, so müßte man an den Orten, die sonst die Vorbedingungen für einen Luftschiffhafen erfüllen und demgemäß für die Anlage in Betracht kämen, wohl mindestens ein volles Jahr hindurch mittels registrierender Anemometer, die auf dem in Aussicht genommenen Landungsgelände in vielleicht 20 m Höhe aufzustellen wären, die Windgeschwindigkeit aufzeichnen lassen und gleichzeitig die Richtung beobachten. Eine auf diesen Beobachtungen basierende Zusammenstellung der nach Schwellenwerten unterteilten Windgeschwindigkeit und der Windrichtung in den für Luftfahrten aus anderen Gründen gebotenen Tageszeiten würde einen brauchbaren Anhalt bieten zur Beurteilung der Frage, an wieviel Tagen ein Aufstieg und eine Landung von Luftschiffen verschiedener Größe und Eigengeschwindigkeit möglich wäre und ferner, wie weiter unten noch zu erörtern sein wird, in welche Richtung die Halle zweckmäßig gestellt wird. Um wirklich verläßliche Mittelwerte zu erhalten, müßte man sogar die Unterlagen mehrerer Jahre zur Verfügung haben.

Es leuchtet ein, daß dieses Verfahren enorm langwierig ist, so daß man bestrebt sein wird, andere Anhaltspunkte für die Beurteilung der Windverhältnisse zu gewinnen. Diese sind nun zum Teil durch die bereits oben erwähnte Statistik von Aßmann, der auch die in Fig. 1 bis 6 wiedergegebenen Windrosen entnommen sind, gegeben. Die Figuren stellen durch ihre äußersten Begrenzungslinien die Windverteilung für die acht Hauptrichtungen

[illegible] abgeteilten Längen
[illegible] von 0 bis 2, 2 bis 5,
[illegible] ek.

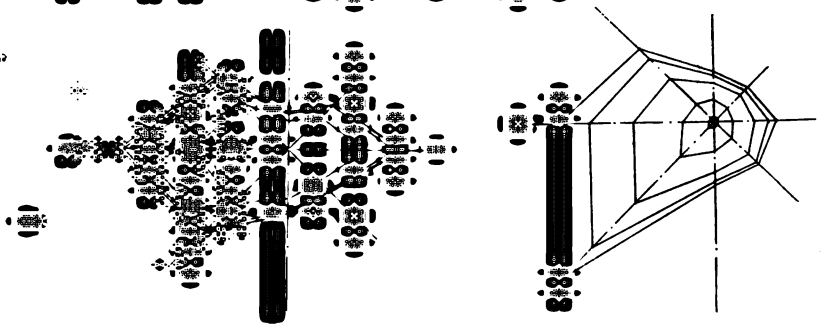


Fig. 2. Brocken.

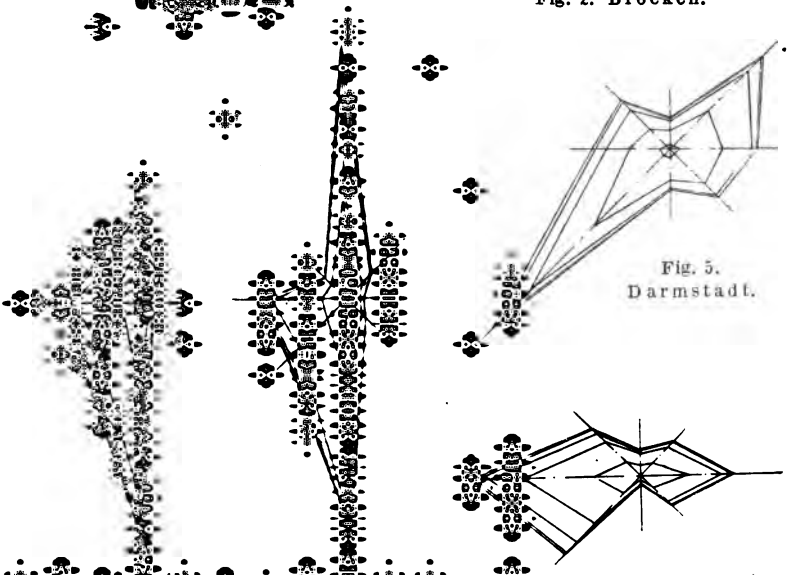


Fig. 5.
Darmstadt.

Fig. 6. Kaiserslautern.

[illegible] oder auf der Höhe ge-
[illegible] m Brocken etc. zeigen
[illegible] uadranten zum andern
[illegible] her und südwestlicher

Richtung. In auffälligem Gegensatze hierzu steht beispielsweise das Bild der Windrose von Kassel, obwohl die räumliche Distanz keineswegs groß ist. Offenbar hat hier die nordsüdliche Richtung des Fuldatals eine entsprechende Ablenkung zur Folge und gleichzeitig infolge des Zusammendrängens des Luftstromes im Talquerschnitt eine Steigerung der Windgeschwindigkeit. — Instruktiv ist auch ein Vergleich der Windrosen von Straßburg, Darmstadt und Kaiserslautern. Auf den beiden erstgenannten Stationen treten, wie nach einem Vergleich mit der physikalischen Landkarte zu erwarten, die Winde aus süd- und südwestlicher Richtung besonders stark hervor. Auch zeigt sich der Einfluß der Seitentäler — bei Darmstadt speziell des Maintales, wohingegen der Odenwald anscheinend eine Ablenkung der Winde aus nördlicher Richtung in Nordost-Südwest bewirkt. In Kaiserslautern dagegen, das in einer von Westen nach Osten verlaufenden Einsenkung gelegen ist, können sich infolge der Geländeformation die Südwinde überhaupt nicht entwickeln. Einen um so breiteren Raum nehmen aber die südwestlichen und westlichen Winde ein[1]). Das gänzliche Zurücktreten der Südwinde in diesem Beispiel dürfte nicht der Geländeformation allein zuzuschreiben sein, sondern auch der Art der Bodenoberfläche. Es ist eine bekannte Erfahrungstatsache, daß durch ausgedehnte Wälder, wie sie hier der Stadt südlich vorgelagert sind, die Windgeschwindigkeit erheblich herabgesetzt wird. Aus diesem Grunde gehen bekanntlich Freiballons bei starkem Bodenwind vorzugsweise im Schutze solcher Waldungen nieder. Ein derartiger Windschutz wird in gleicher Weise für Luftschifflandungsplätze vorteilhaft ausgenutzt werden können, vorausgesetzt, daß nicht vertikale Wirbel hinter diesen Waldungen neue Gefahren bringen oder bei eng begrenzten Plätzen der An- und Abflug erschwert wird. Im umgekehrten Falle wird der Wind eine um so größere Geschwindigkeit annehmen, je geringeren Reibungswiderstand er an der Bodenoberfläche findet; das ist besonders über dem Wasser der

[1]) Voraussetzung für die Richtigkeit der hier abgeleiteten Schlüsse ist selbstverständlich, daß die Windrosen tatsächlich einwandfrei die Verhältnisse an den einzelnen Orten wiedergeben und nicht durch ungünstige lokale Lage der Beobachtungsstation beeinflußt sind. Hierüber wird man in praktischen Fällen stets die meteorologischen Zentralstellen befragen.

Fall, weswegen auch die Küstengebiete und ebenso unbewaldete Hochebenen zur Anlage von Luftschiffhäfen a priori weniger geeignet sein werden.

Die Richtung der auftretenden Winde ist für die Wahl eines Ortes zum Luftschiffhafen weniger von Belang, als für die Aufstellung der Halle und die dadurch bedingte Platzeinteilung. Allgemein ist wohl der Grundsatz anerkannt, daß eine feste Halle mit ihrer Längsachse in die Hauptwindrichtung zu stellen ist. Als solche darf nun aber nicht einfach der Mittelwert aller täglich 2 bis 3 mal gemachten Beobachtungen angesetzt werden. Zunächst war bereits in einem früheren Abschnitt betont, daß man zweifelhaft sein kann, ob es nicht richtiger wäre, die Messungen in der Tageszeit vorzunehmen, in welche die Luftfahrten in erster Linie fallen. Das Ein- und Ausbringen der Schiffe wird man möglichst in den Morgen- und Abendstunden bewerkstelligen, selten in der Nacht und tunlichst wenig in der Mittagszeit. (Dagegen wird allerdings mit gewissem Recht eingewendet werden, die künftige Entwicklung müsse dahin führen, daß die Schiffe auch in den ungünstigsten Zeiten, wie sie die Beobachtung um 2 Uhr mittags wiedergibt, die Halle aufsuchen und verlassen können.)

Man wird ungefähr annehmen können, daß es mit den jetzigen Mitteln und den heutigen Luftschiffen ohne allzugroße Schwierigkeit möglich ist, bei einem Wind von 4 bis 5 m pro Sek. die Schiffe in die Halle zu bringen, auch wenn er direkt seitlich einfällt. Dann können aber die Winde bis zu 4 m Geschwindigkeit bei Ermittelung der günstigsten Hallenrichtung ganz außer acht bleiben. Ebenso brauchen die stärksten Stürme, bei denen jegliche Ausübung der Luftschiffahrt jetzt und für absehbare Zeit noch unmöglich ist, nicht berücksichtigt zu werden. Bei Festlegung dieser oberen Grenze wird man allerdings daran denken müssen, daß die Eigengeschwindigkeit der Luftschiffe in Zukunft sicherlich noch eine weitere Steigerung erfahren wird. Ferner kann auch ein Luftschiff, das von starken, in Fahrthöhe seine Eigengeschwindigkeit übersteigenden Winden abgetrieben wird, unter Umständen eine leewärts liegende Halle noch erreichen und muß dann auch in dieselbe verholt werden können. Danach dürfte man als oberen Grenzwert ungefähr eine Geschwindigkeit von 25 m pro Sek. ansetzen haben entsprechend einem Druck von 75 kg pro qm; d. i.

der höchstzulässige Winddruck, dem die Tore der meisten bestehenden Hallen in geöffnetem Zustande ausgesetzt werden dürfen.

Wenn man von den somit verbleibenden Winden von 5 bis 25 m pro Sek. die vorherrschende Richtung unter Berücksichtigung der jeweiligen Windstärke ermittelt, so dürfte man den billigerweise zu stellenden Anforderungen am besten entsprechen.

Von eminenter Bedeutung ist ferner die Frage des Auftretens von vertikalen Luftströmungen und Wirbeln. Die stetigen horizontalen Luftströmungen werden, auch wenn sie zu beträchtlicher Stärke anwachsen, die Luftschiffe um so besser überwinden können, je mehr es gelingt, ihre Eigengeschwindigkeit zu steigern. Gegen vertikale Strömungen werden aber die Schiffe immer mehr oder minder machtlos bleiben, zumal bei herabgesetzter Eigengeschwindigkeit, also vor allem während des Aufstieges und der Landung.

Bevor daher die Entscheidung für ein bestimmtes Gelände getroffen wird, ist sorgsam zu prüfen, ob das Auftreten solcher vertikaler Luftströmungen zu befürchten ist. Leider liegen Messungen über ihr Vorkommen so gut wie gar nicht vor, weil es an geeigneten Meßapparaten mangelt. Man wird also den Ursachen nachgehen müssen, die das Entstehen solcher Wirbel begünstigen, und wird danach von Fall zu Fall über die Brauchbarkeit eines Geländes entscheiden.

Am verständlichsten ist die Störung des Luftstromes durch Unebenheiten des Geländes: Anhöhen, Gebäude, Wälder etc. Die Strömungen gehen diesen Unebenheiten nur mehr oder minder vollkommen nach, weil sie einen stetigen Verlauf beizubehalten bestrebt sind und um so weniger auf Ablenkungen reagieren, je größer ihre Geschwindigkeit ist. Wird nun irgendein Raum nicht mehr vom gleichmäßigen Luftstrom ausgefüllt, so entsteht ein Unterdruck, der ein Hereinstürzen der Luftmassen in Form von Wirbeln zur Folge hat.

Ein analoger Fall in der Seeschiffahrt wird manchem Segler bekannt sein, der die Ostsee befahren hat: bei starken Westwinden wird ein Segelfahrzeug vergeblich auf der Leeseite der Insel Bornholm Schutz suchen; infolge der Fallböen, die hinter der im Durchschnitt 70 bis 100 m hohen Insel auftreten, steht hier sehr häufig eine steife Brise, während in der Stauluft auf der Luvseite der Insel fast Windstille herrschen kann.

Nach diesen Feststellungen dürfte es wenig ratsam sein, einen Hafen im Schutze steiler Anhöhen anzulegen, mag auch der Gedanke zunächst viel Verlockendes an sich haben. Solche Plätze sind auch deswegen zu vermeiden, weil ein Luftschiffhafengelände zur besseren Ausnutzung in den meisten Fällen gleichzeitig als Flugplatz wird Verwendung finden sollen. Den Flugzeugen aber können derartige lokale Wirbel ganz besonders verhängnisvoll werden.

Eine zweite Art vertikaler Wirbel — vielleicht gefährlicher wie die erstgenannte, weil sie weniger in die Augen springt und weil sie ganz unabhängig von der allgemeinen Wetterlage gerade an windstillen und für die Luftfahrt sonst günstigen Tagen am heftigsten in die Erscheinung tritt, — ist auf thermische Ursachen zurückzuführen. Die Erwärmung der Luft erfolgt bekanntlich in erster Linie indirekt durch Wärmeleitung vom Boden aus; nimmt der Boden unter dem Einfluß der Sonnenstrahlung große Wärmemengen auf, so wird auch die darüber lagernde Luft stark erwärmt werden. Diese Vorbedingungen sind besonders über Sand- oder Kiesboden gegeben. Über feuchten Wiesen und Sümpfen, Seen oder Flußläufen hingegen wird die Luft kälter bleiben, da ein großer Teil der Wärme durch die Verdunstung der Feuchtigkeit absorbiert wird. In einem besonderen Beispiel gibt Hann[1]) folgende Zahlenwerte für den Wärmeumsatz an der Erdoberfläche bis zu 60 cm Tiefe an:

	Fels	Sandheide	Moorwiese
Aufgenommene Wärme . .	185	81	34 Kal.
Verdunstete Wärme	0	70	211 „
An Luft abgegebene Wärme	155	190	95 „

Liegen die genannten Bodenarten ohne eine Übergangszone hart nebeneinander, so haben die entstehenden Temperaturdifferenzen eine Störung des Gleichgewichtes der Luft zur Folge, die in günstigen Fällen in einer horizontalen Luftströmung vom kälteren zum wärmeren Gebiet ihren Ausgleich findet. Es muß dann in einiger Höhe über dem Boden die entgegengesetzte Strömung stattfinden. Damit haben wir die gleiche Erscheinung wie die bekannten Land- und Seewinde. Diese Luftströmungen überlagern sich mit den aus der allgemeinen Druckverteilung sich ergebenden

[1]) Hann, Lehrbuch der Meteorologie. Verlag Tauchnitz, Leipzig.

Winden und können diese unter Umständen, falls beide die gleiche Tendenz haben, erheblich verstärken und so das Landen bzw. Einbringen der Schiffe in die Halle unmöglich machen.

Ist aber die Erwärmung der bodennahen Schichten so stark, daß die oberen Luftmassen trotz der Abnahme der Luftdichte mit der Höhe schwerer werden als die darunter lagernden, so entsteht eine in der Vertikalen labile Luftschichtung. Ähnlich der Unterkühlung des Wassers, die durch eine Erschütterung plötzlich aufgehoben wird, kann sich analog die kältere und schwerere Luft über der wärmeren halten, bis irgendeine Störung den plötzlichen Ausgleich herbeiführt. So ergeben sich durch das momentane Herabstürzen der schwereren Massen jene verhängnisvollen Vertikalböen, die schon manche Katastrophe zur Folge hatten.

Ein sehr lehrreiches und zugleich warnendes Beispiel geben in dieser Hinsicht die Zustände am Düsseldorfer Luftschiffhafen, die Prof. Polis im Jahrgang 1912 der D. L. Z. beschreibt: Hier liegt die als Landungsplatz dienende Golzheimer Heide — ein dürrer Sandboden — hart neben den Windungen des Rheinstromes. Damit sind die Vorbedingungen für das Entstehen von Böen gegeben, und es ist bekannt, daß ihnen bereits zwei Zeppelinschiffe an solchen Tagen zum Opfer fielen, deren allgemeine Wetterlage keinesfalls ungünstig war. Als Folge davon wurde die Halle seitdem von Luftschiffen gemieden und ihre Verlegung mehrfach ernstlich erörtert. Die durch eventuelle Aufgabe der ganzen Hafenanlage und durch die Zerstörung der beiden Schiffe verlorenen Werte sowie die Verluste, entstanden durch Ausfall zahlreicher Fahrten, mahnen dringend dazu, die lokalen Windverhältnisse eines für einen Luftschiffhafen ausersehenen Geländes eingehend zu prüfen, bevor man große Kapitalien darin investiert.

Wenn nun zufolge der allgemeinen Luftdruckverteilung in der Horizontalen nahezu Windstille herrscht, so führen die Vertikalböen, die in der Überhitzung der bodennahen Schichten und dem dadurch bedingten Aufsteigen der unteren und dem Herabstürzen der oberen Luftmassen ihre Ursache haben, besonders in der heißen Jahreszeit häufig zur Entstehung von Gewittern. Allgemein gilt — nach Linke (aeronautische Meteorologie II) — der Grundsatz, daß das Gewitter sich immer dorthin gezogen fühlt, wo die Bedingungen für einen aufsteigenden Luftstrom am günstigsten sind. Tagsüber wird es von den Gebirgen angezogen,

während es nachts die Flußtäler bevorzugt. — Die dabei auftretenden elektrischen Entladungen sowohl als die Vertikalströmungen machen ein Gewitter immer zum gefährlichsten Feinde der Luftschiffahrt. Daher sind Gewitterherde, wie sie Bergabhänge oder enge Gebirgstäler bilden können, bei der Anlage von Luftschiffhäfen unbedingt zu vermeiden; ebenso auch die Straßen, die diese Gewitter etwa an Flüssen oder Bergabhängen entlang zu nehmen pflegen.

Die im Gegensatz zu diesen lokalen, sogenannten Wärmegewittern stehenden Frontgewitter, die wohl meist auf starke Temperaturdifferenzen zusammenstoßender horizontaler Luftströmungen zurückzuführen sind, halten sich kaum an bestimmte Gegenden gebunden. Sie können hier daher nicht berücksichtigt werden.

Von den oben behandelten Fällen extremer Gegensätze abgesehen, ist der Einfluß der Temperatur nicht so groß, daß er bei der Frage der Anlage eines Luftschiffhafens entscheidend mitsprechen könnte. Immerhin sei er hier kurz gekennzeichnet, und zwar zunächst in bezug auf die Tragfähigkeit der Luftschiffe.

Die Tragfähigkeit einer Gasmasse nimmt bekanntlich pro 1^0 Temperaturzunahme um rd. 0,4% ab, da die Luft sich um den gleichen Betrag ausdehnt und dadurch pro Volumeneinheit entsprechend leichter wird. Haben wir demgemäß an einem Orte eine um durchschnittlich $2\frac{1}{2}^0$ höhere Lufttemperatur, so sinkt hier die Tragfähigkeit eines 20 000 cbm-Luftschiffes um $20\,000 \times 0{,}4\% \times 2{,}5^0 \times 1{,}1$ kg pro cbm = 220 kg. Man müßte hier also auf die Mitnahme von drei Passagieren verzichten, oder es könnte entsprechend weniger Brennstoffvorrat mitgenommen werden, wodurch die Fahrtdauer um ca. 2 Stunden abgekürzt würde. Dieses Beispiel zeigt, daß die Temperaturdifferenzen verschiedener Landungsplätze bei großen Luftschiffen schon erheblich ins Gewicht fallen. Es kommt erschwerend hinzu, daß die höheren Tagestemperaturen gerade am meisten an höher gelegenen Orten, Hochebenen usw. auftreten, wodurch eine weitere Abnahme der Tragfähigkeit bedingt ist. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß hier die Temperaturen in der Nachtzeit gewöhnlich entsprechend niedriger sind, was wiederum den zur Nachtzeit unternommenen Fernfahrten und den militärischen Aufklärungsfahrten zugute kommt. Es will in allen diesen Fällen nicht viel sagen, wenn in Fahrthöhe die Temperaturen über verschiedenen Plätzen aus-

geglichen sind. Hier kann ein betriebssicheres Luftschiff unbedenklich mit mehreren hundert Kilogramm Abtrieb fahren. Maßgebend sind für die mitzuführende Nutzlast nur die Verhältnisse beim Aufstieg.

Aber auch bei der Landung kann sich die Abnahme der Tragfähigkeit mit zunehmender Lufttemperatur sehr unangenehm fühlbar machen. Bevor ein Luftschiff zur Landung ansetzt, wird es im allgemeinen mindestens 100 m über dem Boden abgewogen und im Bedarfsfalle durch entsprechende Ballastabgabe ins statische Gleichgewicht gebracht. Lagert nun über dem Landungsplatze eine stark erwärmte Luftschicht, so gerät das Schiff wegen der geringeren Tragfähigkeit der wärmeren Luft in die Gefahr des »Durchfallens«. Über einem solchen Platze muß also mit häufigen harten Landungen gerechnet werden, oder es ist, wenn der Fall rechtzeitig pariert werden soll, relativ viel Ballast abzugeben. Nur in Rücksicht auf die Verhältnisse am Landungsplatze muß hier also Ballast über das normale Maß hinaus mitgenommen werden, wodurch die übrige Nutzlast entsprechend verringert wird. Die Neuauffüllung ist außerdem stets zeitraubend und insbesondere dann störend, wenn es sich nur um Zwischenlandungen handelt, also ein Einfahren in die Halle nicht vorgesehen ist.

Auch der Gasverbrauch wird durch ungünstige Temperaturverhältnisse nicht unwesentlich beeinflußt, wie folgende Rechnung zeigt: Angenommen, die Gaszellen eines starren Luftschiffes sind frühmorgens zur Zeit des Temperaturminimums prall gefüllt worden; dann würde in einer Gegend, wo die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht sehr groß sind und einen Betrag von beispielsweise 15^0 erreichen, die hierdurch bedingte Volumenzunahme des Gases 6% betragen. Das sind bei einem 20 000 cbm-Schiff 1200 cbm, die bis zur Zeit des Temperaturmaximums aus den Sicherheitsventilen ausströmen und verloren gehen. In Gegenden geringerer Temperaturgegensätze zwischen Tag und Nacht möge die Gasausdehnung nur $5^0 \times 0{,}4\% \times 20\,000 = 400$ cbm fordern. Hier wäre also eine Gasersparnis von 800 cbm zu verzeichnen, d. h. bei einem mancherorts anzusetzenden Preis des Wasserstoffs von 50 Pf. pro cbm ein Gewinn von M. 400 pro Tag. Dieser Betrag darf allerdings unter Umständen nicht ganz auf das Gewinnkonto gesetzt werden, da je nach der Dichte der Gaszellen im zweiten

Beispiel die Nachfüllung möglicherweise nicht ausreicht, um die Diffusionsverluste zu ersetzen und den Wasserstoff auf gleich guter Qualität zu erhalten. Immerhin darf in Gegenden geringerer Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht mit einer nicht ganz unbeträchtlichen Ersparnis durch geringeren Gasverbrauch gerechnet werden. — Derselbe Unterschied im Gasverbrauch findet sich im einzelnen beim Vergleich von Tagen mit klarem und mit bewölktem Himmel wieder. Bei heiterem Wetter wird die Wärmeaufnahme bei Tag und die Ausstrahlung bei Nacht sehr groß sein, während Wolkenbildung die Temperaturdifferenz herabdrückt. Auch Unterschiede im jährlichen Temperaturverlauf verschiedener Orte ergeben natürlich entsprechende Schwankungen.

Nach dem Vorstehenden sind also alle Gegenden zur Anlage von Luftschiffhäfen ungeeignet, die im Verhältnis zu ihrer näheren Umgebung zu besonders starker Wärmeaufnahme neigen, weil sie die Tragfähigkeit der Luftschiffe herabsetzen, dadurch speziell bei Erwärmung der Bodenschicht die Landung gefahrvoller machen, und ganz besonders, weil sich über solchen Flächen bei großer Einstrahlung leicht Wirbel, Vertikalböen und unter Umständen auch Gewitter ausbilden.

Auch Bergabhänge mit ihrem näheren Vorland sind für eine Hafenanlage wenig geeignet, vor allem dann nicht, wenn sie auf der Luvseite der vorherrschenden Winde liegen, da sie häufig Niederschläge herbeiführen (siehe Linke I, 116 ff.): Der die Bergabhänge treffende Luftstrom wird nach oben abgelenkt; dem geringeren Druck entsprechend dehnen sich die Luftmassen aus auf Kosten ihrer Wärme. Mit abnehmender Temperatur sinkt aber gleichzeitig die Feuchtigkeitsmenge, die die Luft zu fassen vermag. Besaß sie schon vorher einen hohen Feuchtigkeitsgrad, so muß die Abkühlung zur Sättigung und darüber hinaus zur Kondensation führen, d. h. es bilden sich Niederschläge.

Ein typisches Beispiel für diesen Vorgang liefert die Tatsache, daß die Stadt Mannheim nach den statistischen Aufzeichnungen für die Zeit von 1906 bis 1910 mit 535 mm Niederschlag die regenärmste Stadt Badens, der in einer Entfernung von wenigen Kilometern in ca. 500 m Höhe gelegene Kohlhof dagegen mit 884 mm außerordentlich niederschlagsreich ist.

Der analoge Vorgang der Niederschlagsbildung in Tiefdruckgebieten infolge Abkühlung der aufsteigenden Luftströme braucht

hier nicht näher erörtert zu werden, da diese Erscheinung nicht an bestimmte Gegenden gebunden ist. Zudem liefert die Statistik ausreichendes Material, um danach die Häufigkeit der Niederschläge in den verschiedenen Gegenden mit für unsere Zwecke genügender Genauigkeit beurteilen zu können. — Es liegt auf der Hand, daß man besonders niederschlagsreiche Gegenden meiden wird; denn der Regen bedingt eine je nach Größe und Aufnahmefähigkeit mehr oder minder erhebliche Belastung der Luftschiffe. Es ist wohl nicht zu hoch gegriffen, wenn man annimmt, daß die Mehrbelastung bei unseren heutigen Starrluftschiffen Werte von über 1000 kg erreichen kann. Naturgemäß verringert sich die Nutzlast dementsprechend.

Nicht minder nachteilig für die Ausübung der Luftfahrt ist die Kondensation der Luftfeuchtigkeit in Form von Nebel. Denn der Nebel, der den Ausblick auf den Boden hemmt, kann dem auf der Fahrt befindlichen Luftschiff die Orientierung und damit das Erreichen der Halle außerordentlich erschweren, wenn nicht sogar unmöglich machen. Er ist der Luftfahrt um so nachteiliger, als er gerade an Tagen auftritt, die an sich wegen der ruhigen Luft und des meist hohen Barometerstandes sehr günstig sind. Je nebelfreier also ein Gelände ist, desto vorteilhafter. — Vorbedingung für das Auftreten lokaler Nebel ist eine gewisse Bodenfeuchtigkeit und als Folge davon Feuchtigkeit der Luft, die bei klarem Himmel durch starke Ausstrahlung zur Kondensation kommt, sowie stagnierende Luft ohne vertikale Bewegung. Nebel befinden sich daher besonders über feuchten Wiesen, in Talkesseln, über und in der Nähe von Flußläufen und Seen. — Auch die Nähe großer Städte fördert die Nebelbildung durch den größeren Staubgehalt der Luft. Sehr häufig tritt sie ferner an der Meeresküste auf infolge Mischung zufließender wärmerer Luft mit den kalten bodennahen Schichten. Mit diesen Nebeln kann gleichzeitig starker Wind verbunden sein.

Bodenbeschaffenheit.

Eine weitere bei der Wahl des Platzes für eine Hafenanlage mitsprechende Frage wurde im vorstehenden bereits mehrfach berührt: nämlich die Frage der Bodenbeschaffenheit. Es wurde darauf hingewiesen, daß felsiger Boden sowie Sand und Kies infolge der großen Wärmeaufnahme tunlichst zu vermeiden sind. Ferner zwingt die Rücksicht auf möglichste Schonung der

Motore dazu, einen Platz zu wählen, auf dem sich bei Wind, bzw. beim Anlaufen der Propeller keine Staubwolken entwickeln können. Feuchte Wiesen verbieten sich von selbst, da sie das Manövrieren mit dem Schiff erschweren würden: die Mannschaften wären im Laufen behindert und würden beim Halten des Schiffes keinen festen Stand finden. Wesentlich ist es, daß der für Aufstellung der Halle und der erforderlichen Nebengebäude in Frage kommende Teil des Landungsplatzes einen möglichst festen, tragfähigen Baugrund aufweist. Dies gilt ganz besonders bei der Anlage drehbarer Hallen; denn die Drehfähigkeit derselben ist in allererster Linie davon abhängig, daß die Fundamente keine Senkungen erleiden. Eine etwa notwendig werdende Gründung der Fundamente auf Pfahlrost würde die Baukosten natürlich wesentlich in die Höhe schrauben. Nach alledem bleibt als Günstigstes ein fester Wiesenboden mit kurz gehaltener dichter Grasnarbe. Daß der Boden möglichst eben sein muß und frei von allen vorstehenden Hindernissen, Felsstücken, Baumstümpfen etc., braucht kaum erwähnt zu werden.

Besonders sorgfältiger Planierung bedarf das Terrain, wenn es gleichzeitig als Flugplatz für Flugzeuge dienen soll, was in den meisten Fällen erwünscht sein wird.

Höhenlage.

Bei Hafenanlagen in hügeliger oder gebirgiger Gegend wird die Frage auftauchen, ob es zweckmäßiger ist, ein Gelände auf den Anhöhen oder in der Ebene bzw. im Tal zu wählen. Bei Beantwortung dieser Frage ist die Abhängigkeit der Tragfähigkeit eines Luftschiffes von der Meereshöhe in Rücksicht zu ziehen. Ein Kubikmeter atmosphärischer Luft, der in 80 m absoluter Höhe entnommen ist, hat wegen des mit der Höhe abnehmenden Luftdrucks ein um ca. 1% geringeres Gewicht als ein Kubikmeter in Meereshöhe, gleiche Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse vorausgesetzt. Infolgedessen ist auch die Tragkraft eines gasgefüllten Luftschiffes, wenn man den geringen Betrag der Abnahme des Wasserstoffgewichts vernachlässigt, in 80 m Höhe um 1% kleiner als am Boden; das heißt, bei konstantem toten Gewicht nimmt die Nutzlast pro 80 m Höhenzunahme um 1% des verdrängten Luftgewichts ab. Ein und dasselbe Luftschiff von 20 000 cbm Volumen wird demzufolge z. B. in München, das ca. 520 m hoch liegt, etwa 6½%,

das sind über 1300 kg weniger tragen als in Meereshöhe; es könnte also hier ca. 18 Passagiere weniger mitnehmen als dort!

Nun wird allerdings im allgemeinen die in Frage kommende Gegend aus anderen Gründen ungefähr festliegen. Es wird sich daher innerhalb dieser Gegend meistens um geringere Höhendifferenzen handeln; aber auch diese können erheblich ins Gewicht fallen. Wenn z. B. außer der in Gotha auf 320 m Meereshöhe gelegenen Halle eine zweite in Erfurt errichtet würde, das nur ca. 200 m hoch liegt, so würden in vielen Fällen die großen Luftschiffe wahrscheinlich die Erfurter Halle bevorzugen; denn der Gewinn an Nutzlast von über 300 kg bietet die Möglichkeit, auf jeder Fahrt entweder für ca. 3 Stunden mehr Brennstoff oder weitere 4 Passagiere mitzunehmen. — Bei k ü r z e r e n Fahrten kann dieser Gewinn allerdings illusorisch werden, wenn man annimmt, daß das Luftschiff von beiden Stationen aus Fahrten nach demselben Ziele macht, also die gleiche Fahrthöhe einhält, und wenn hierbei der in e i n e m Falle größer werdende Abtrieb nicht durch Benzinverbrauch oder günstige Temperaturverhältnisse ausgeglichen wird. — Auch ist zu bedenken, daß an den tiefer gelegenen Plätzen im allgemeinen leichter Nebelbildung auftreten wird als auf der Höhe.

Ansteuerbarkeit.

Auch für die Ansteuerbarkeit des Landungsplatzes ist die Frage, ob in hügeligem Gelände besser das Tal oder die Anhöhe zu wählen ist, von Bedeutung. Denn es liegt auf der Hand, daß der Platz in einem Tal nicht geeignet ist, wenn die Luftschiffe, um die benachbarten Höhen zu überwinden, große Schräglagen annehmen müssen, die mit Rücksicht auf die Beanspruchung der Motoren sowie des ganzen Systems vermieden werden sollten. Angenommen, ein Luftschiff müßte aus der Mitte eines 600 m im Durchmesser großen Platzes direkt vom Boden aus rein dynamisch aufsteigen, so erreicht es bei einer Schräglage von 10^0 an der Grenze des Landungsplatzes eine Höhe von 50 m, also gerade genügend, um Gebäude, wie die Halle, Gasometer etc. mit rd .20 m Abstand zu überfliegen. Es bietet zwar bei gut steuerfähigen Schiffen keine Schwierigkeiten, bei der durch die Größe des Landungsplatzes beschränkten Anfahrtlänge größere Anhöhen zu überfahren, zumal man den Schiffen von vornherein beim Abwiegen im allgemeinen eine freie Steigkraft gibt, die einer Steighöhe von vielleicht 30 bis 50 m

entspricht. Dennoch sollte man nur ein Gelände wählen, dessen nähere Umgebung möglichst frei ist von allen störenden Hindernissen, die über die Höhe von 15 bis 20 m hinausgehen. Denn einmal soll gerade der Luftschiffhafen auch für ein in Not geratenes und nicht mehr voll steuerfähiges Schiff möglichst leicht erreichbar sein. Und ferner ergeben sich durch ungünstige Windverhältnisse, Sonnenböen etc. sehr häufig Situationen, in denen es wichtig ist, daß ein aufsteigendes Luftschiff möglichst rasch seine volle Geschwindigkeit und damit Manövrierfähigkeit erreicht. Dies ist aber um so eher der Fall, je weniger Schräglage das Schiff beim Aufstiege erhalten muß.

Auch die Anlage eines Landungsplatzes im Schutze nahe vorgelagerter Höhenzüge hat ihre Schattenseiten. Zwar liegen die

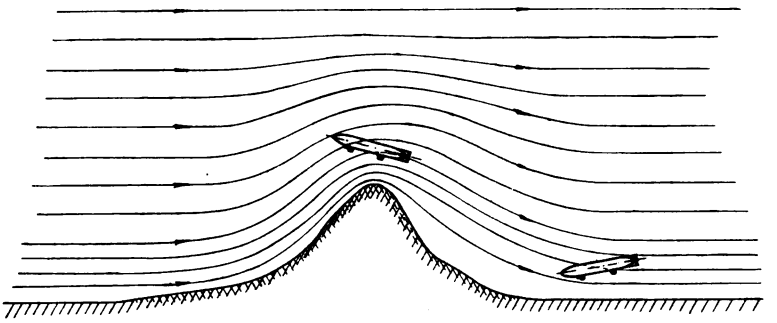


Fig. 7.

Verhältnisse in diesem Falle für eine Landung sehr günstig, für den Aufstieg aber in entsprechendem Maße ungünstig. Denn wie die Skizze Fig. 7 zeigt, wird der dem Terrain sich anpassende Luftstrom in Lee der Anhöhe nach unten gerichtet sein und somit das Schiff herunterdrücken wollen. Umgekehrt wird der aufwärts gerichtete Luftstrom eine Landung erschweren, wenn der Wind aus der entgegengesetzten Richtung kommt, so daß der Platz zu Luv von der Anhöhe liegt. Dieser Fall trat deutlich bei der Sturmlandung eines Schiffes in Gotha in die Erscheinung. Der vom Landungsplatze her aus Südwesten wehende Wind wurde durch den leewärts liegenden Seeberg derart nach oben abgelenkt, daß das Luftschiff, das infolge einer Havarie nur mit halber Motorenkraft arbeitete, jedesmal, wenn es den Kamm der Anhöhe überschreiten wollte, um mehrere 100 m emporgerissen

wurde. Es mußte daher schließlich nach oben ausweichen, sich in größerer Höhe bis über den Platz vorschieben und die Landung in steilem Anstieg erzwingen.

Neben solchen Erhebungen im Gelände können auch Gebäude, die in der Nähe liegen, sehr störend werden. Besonders bieten Industriebauten mit ihren hohen Kaminen Klippen für die Luftschiffahrt, an denen bereits ein Luftschiff, viel öfter aber noch Freiballons gescheitert sind. Auch Telephon- und Telegraphenleitungen sind aus der unmittelbaren Nähe der Luftschiffhäfen zu verbannen. Unter allen Umständen sollten etwaige in der Nähe des Landungsplatzes verlaufende Hochspannungsleitungen auf größere Entfernungen hin nur unterirdisch verlegt sein: die Gefahren, die die Berührung bietet, können zu den größten Katastrophen führen.

Sichtbarkeit.

Während man die Hallen rein privater Anlagen der guten Ansteuerbarkeit wegen so legen wird, daß sie möglichst schon von weitem gut sichtbar sind, ist es im militärischen Interesse, sie für den Kriegsfall gegen Angriffe aus der Luft zu decken. Man wird daher bestrebt sein müssen, sie soweit als möglich dem Auge feindlicher Flieger oder Luftschiffer zu entziehen. Ein Mittel, die großen Wandflächen zu verbergen, die eine in der Ebene isoliert stehende Halle schon aus weiter Entfernung kenntlich machen, besteht darin, die Halle in hohe Waldbestände hineinzuschieben, so daß nur die auf den Landeplatz mündende Ausfahrt freibleibt, der Torbinder also mit dem Waldrand abschließt. Gestattet das verfügbare Gelände, bei einer derartigen Aufstellung auch die Hauptwindrichtung einzuhalten, so hat man weiterhin den Vorteil, daß der Landungsplatz gegen diese vorherrschenden Winde durch den vorgelagerten Wald wirksam geschützt ist. Im Ernstfalle könnte auch das Dach durch Strauchwerk abgedeckt werden, so daß es gegen den umgebenden Wald kaum hervorstechen dürfte. — Für die einheimischen Luftschiffer wird es trotz einer solchen gedeckten Aufstellung unter normalen Umständen keine großen Schwierigkeiten bieten, den Hafen zu finden. Wenn es für notwendig erachtet wird, können auch, wie in der Seeschiffahrt üblich, markante Zeichen auf der Halle errichtet werden, die im Ernstfalle leicht zu entfernen sind.

Größe des Platzes und Aufstellung der verschiedenen Hallentypen.

Für Abflug und Landung sowie zum Verankern eines Luftschiffes wird man mit einer frei benutzbaren Fläche von 600 m im Durchmesser wohl stets auskommen, vorausgesetzt, daß direkt angrenzend an den Platz keine Hindernisse von mehr als 15 bis 20 m Höhe störend im Wege sind. Besonders in der Richtung, in der auf Grund der vorliegenden Geländeformation oder der vorherrschenden Winde Landung und Abfahrt vorzugsweise erfolgen (z. B. die Talrichtung), sollte die verfügbare Länge nicht zu knapp bemessen sein. Da aber erfahrungsgemäß das Landen bei schwachen Winden am schwierigsten ist, weil das Anfahren hierbei mit mäßiger Eigengeschwindigkeit und daher bei beträchtlich verminderter Steuerfähigkeit erfolgen muß, und da gerade die schwachen Winde im allgemeinen mehr oder weniger gleichmäßig über den ganzen Umkreis verteilt sind, so wird als rationellste Form für den Landeplatz selbst wohl eine Kreisfläche zu bezeichnen sein. Ist das Nachbargelände ringsum auf 200 bis 300 m vollkommen frei von jeglichen Hindernissen, so daß es in ganz geringer Höhe überflogen werden kann, so wird man auch mit einer Kreisfläche von rd. 500 m auskommen. U n t e r dieses Maß sollte man aber keinesfalls gehen, damit ein in der Mitte verankertes bzw. von Mannschaften gehaltenes Schiff, dem Drehen des Windes folgend, frei innerhalb des Platzes herumschwojen kann.

Der weiterhin für die Halle und das Ein- und Ausbringen des Schiffes benötigte Raum ist sehr verschieden je nach dem T y p u n d d e r A u f s t e l l u n g d e r H a l l e. Besitzt die Halle nur e i n e Ausfahrt, so wird man die geschlossene Giebelwand dem vorherrschenden Winde zukehren, um das Verholen möglichst in Lee der Halle zu bewerkstelligen. — Grundsatz bei Aufstellung jeder festen Halle sollte es ferner sein, daß vor der Einfahrtsöffnung nach allen Seiten hin ausreichend Platz frei bleibt, um das Schiff im Winde liegend, gleichgültig aus welcher Richtung er weht, bis dicht vor die Halle bringen, bzw. nach erfolgtem Herausholen sofort in den Wind einschwenken lassen zu können. Es muß also unmittelbar vor der Einfahrt einen vollen Halbkreis von 180° beschreiben können.

Demgemäß würden sich für die verschiedenen bisher ausgeführten Hallentypen je nach der Hauptwindrichtung und der Form des verfügbaren Geländes verschiedene Aufstellungsmöglichkeiten ergeben, die in den Skizzen Fig. 8 bis 15 schematisch wiedergegeben sind. Es ist dabei die Abmessung der Halle (Außenmaße) in allen Beispielen einheitlich zu 200 × 40m angenommen, um einen Vergleich über den Platz bedarf der Hallentypen zu ermöglichen. Gleichzeitig ist der Landungsplatz zu 600 m Durchmesser angenommen und die Gesamtfläche zu einem einheitlichen Ganzen abgerundet.

1. Feste Halle mit einem Tor.

a) Die Halle steht in radialer Richtung von der Mitte des Landungsplatzes aus mit dem festen Giebel dem vorherrschenden Winde zugekehrt. (Fig. 8a.) Bei dieser Aufstellung wird man

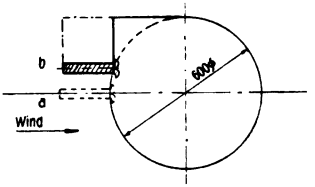


Fig. 8.

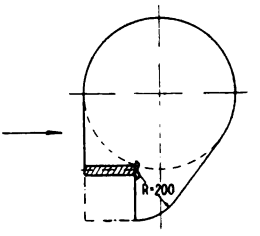


Fig. 9.

mit dem kleinsten überhaupt möglichen Platz auskommen; man benötigt für den Landungsplatz 282 750 qm, für die Halle 8000 qm, insgesamt also 290 750 qm oder rd. 29 ha. Jedoch hat diese Aufstellung den Nachteil, daß durch die Halle selbst die Ansteuerung des Platzes in der am häufigsten einzuhaltenden Richtung behindert wird.

b) Man wird daher zweckmäßiger die Halle auf eine Seite verlegen, jedoch nur so weit, daß zum Verholen des Luftschiffes zu beiden Seiten noch die volle Schiffslänge frei bleibt (Fig. 8b). Der Mehrbedarf an Platz würde dann ca. 14 300 qm betragen, so daß die Gesamtfläche nunmehr ca. 30,5 ha ausmacht.

c) Günstiger noch für Abfahrt und Landung der Luftschiffe stellen sich die Verhältnisse im Falle c (Fig. 9). Will man die Halle vollkommen außerhalb der Kreisfläche des Landungs-

platzes lassen, was hier vielleicht nicht so unbedingt notwendig wäre, so ergibt sich ein weiterer Platzbedarf von rd. 37 000 qm, so daß man jetzt eine Gesamtfläche von 34,2 ha erhält.

Der im Falle b und c neben der Halle verbleibende Platz eignet sich für Aufstellung der Nebengebäude, Werkstätten, Gasometer oder Flaschenlager usw.

2. Bei einer festen Halle mit zwei Ausfahrten ist der Platzbedarf schon wesentlich größer. Er beläuft sich im Falle a (Fig. 10) auf 38,4 ha, wozu der Platz neben der Halle mit 36 000 qm wird hinzugenommen werden müssen, insgesamt also

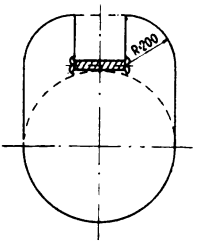


Fig. 10.

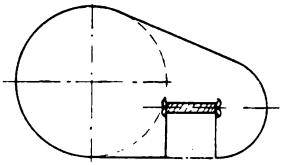


Fig. 11.

42 ha; im Falle b (Fig. 11) auf 43,7 ha. Letztere Anordnung ist nicht nur in bezug auf den Geländebedarf, sondern auch für das Verholen des Schiffes ungünstiger, wenn die vom Landungsplatz abgewendete Einfahrt benutzt wird.

3. Drehbare Halle.

Für eine drehbare Halle wird man, falls ausreichend Gelände zu beschaffen ist, eine Aufstellung gemäß Fig. 12 wählen. Da die Halle stets in der Windrichtung steht und somit beim Ansteuern kein übermäßig störendes Hindernis bildet, so kann man ihren Drehpunkt wohl unbedenklich bis an den Kreis des Landungsplatzes heranlegen, wenngleich die von der Halle bestrichene Fläche wegen der für den Unterbau erforderlichen Ausschachtung für das Verholen und Verankern der Schiffe nicht in Frage kommt. Es ergibt sich für diesen Fall ein

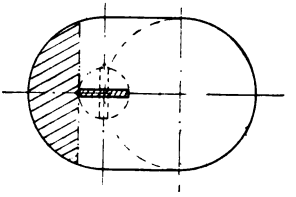


Fig. 12.

Geländebedarf von 46,3 ha, also nicht unerheblich mehr als in den vorhergehenden Fällen. Jedoch wäre es verfehlt, aus diesem Vergleich, wie es oft geschieht, ohne weiteres einen Nachteil für die drehbaren Hallen ableiten zu wollen, da die ungleich günstigere Ein- und Ausfahrmöglichkeit hierin nicht zum Ausdruck kommt. Wählt man eine Aufstellung derart, daß das Gelände bezüglich der Hauptwindrichtung leewärts von der Halle liegt, während das zu Luv befindliche, in der Skizze durch Schraffieren gekennzeichnete in Wegfall kommt bzw. zur Aufstellung fester Hallen benutzt wird, so benötigt man einen Platz von nur ca. 36 ha, also bedeutend weniger als bei einer festen Halle mit zwei Ausfahrten. Dabei hat man die Möglichkeit, auf einem Umkreis von fast 200°, der sich so legen läßt, daß er die Richtungen der stärksten Winde einschließt, mit dem Winde auszufahren.

Bei Rundhallen, Sternhallen etc., bei denen die Ausfahrten mehr oder minder über den ganzen Umfang verteilt sind, wird die Einteilung ähnlich wie bei der drehbaren Halle vorzunehmen sein; jedoch fällt der Platzbedarf hier noch größer aus.

Die vorstehenden Skizzen vermögen selbstverständlich nur einige typische Fälle schematisch darzustellen. Es bietet aber keinerlei Schwierigkeiten, an Hand derselben eine zweckmäßige Einteilung anderer Geländeformen, wie sie praktisch verfügbar sind, zu treffen. Am günstigsten dürfte je nach dem gewählten Hallentyp im allgemeinen ein Gelände von ungefähr rechteckiger Form sein.

Die skizzierten Aufstellungsarten lassen ohne weiteres die Möglichkeit zu, im Bedarfsfalle auch mehrere Hallen an die erste anzuschließen. Man wird diese bei festen Hallen im allgemeinen parallel neben die erste stellen, damit der freie Platz möglichst wenig behindert, und für alle Hallen eine gleich gute Ausfahrmöglichkeit geschaffen wird. An Gelände würde hierbei nur die Grundfläche der neuen Hallen hinzukommen.

Soll zu einer bestehenden drehbaren Halle eine zweite drehbare hinzugefügt werden, so wird man dieselbe, um jegliche gegenseitige Behinderung zu vermeiden, ca. 600 m von der ersten entfernt errichten müssen. Die Rücksicht auf möglichst günstige Ansteuerung verlangt hierbei eine Aufstellung derart (Fig. 13), daß die Verbindungslinie der Drehpunkte beider Hallen senkrecht zur vorherrschenden Windrichtung steht.

Ohne Frage hat eine solche Anordnung manche Nachteile, insbesondere den großen Geländebedarf, der sich auf ca. 64,3 ha stellt, die ungedeckte Stellung, die hohen Anlagekosten für zwei drehbare Hallen sowie die Erschwerung des gesamten Betriebes durch die räumliche Trennung um ca. 600 m. Es hat daher nicht an Vorschlägen gefehlt, die darauf hinausgehen, die hohen Kosten einer drehbaren Halle besser auszunutzen, bzw. die Gesamtanlage

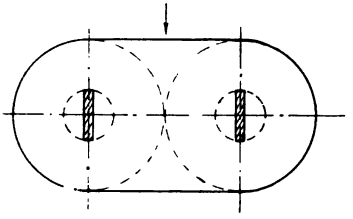


Fig. 13.

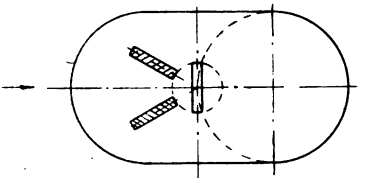


Fig. 14.

billiger zu halten, und zwar durch Verbindung derselben mit einer oder mehreren festen Hallen. Die Drehhalle hat hierbei die Aufgabe, im Winde liegend die Luftschiffe aufzunehmen und nach erfolgtem Einschwenken ein gefahrloses Überführen in eine der festen Hallen zu ermöglichen (siehe Fig. 14). Hierbei ist eine Erweiterung des Geländes, abgesehen von der hinzukommenden Grundfläche der festen Halle, nicht erforderlich.

Die gegen diese Kombination erhobenen Einwände, daß nunmehr die Schiffe nicht mehr in vollem Umkreis beliebig aus der Drehhalle ausfahren können, haben wohl ein anderes in Fig. 15 skizziertes Projekt entstehen lassen. Hierbei ist rings um die Drehhalle herum der Platz zum Ein- und Ausfahren der Schiffe freigelassen. Die Drehhalle muß aber zum Abstellen der Luftschiffe in die festen Hallen jeweilig mindestens 300 m seitlich auf Schienen verschoben werden. Ob sich dieses seitliche Verschieben sowie die Verankerung einer solchen Halle gegen den Winddruck ausführen läßt, müßte wohl erst die Praxis beweisen. Hinsichtlich Ausnutzung des Geländes ist die Methode nicht ungünstig.

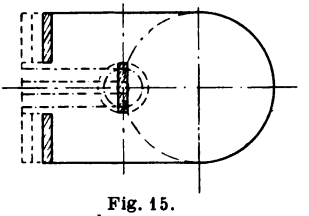


Fig. 15.

Zweiter Teil.

Abschnitt V.

Manöver auf dem Hafengelände und hierfür erforderliche Einrichtungen.

Ein Luftschiffhafen, der seinen Zweck ganz erfüllen soll, muß Einrichtungen aufweisen, die es ermöglichen, die Schiffe tunlichst bei jedem Wetter, bei dem überhaupt gefahren werden kann, zu verankern und möglichst auch ohne Rücksicht auf die Windrichtung in die Halle ein- und auszubringen, oder, wie der seemännische Ausdruck lautet, zu verholen. Wie wichtig diese Aufgabe ist, erhellt daraus, daß u. W. bis heute allein vier Zeppelinschiffe zugrunde gingen, weil es nicht gelang, sie unversehrt aus der Halle heraus oder in dieselbe hineinzubringen.

Jede dieser Katastrophen zeitigte unzählige Vorschläge und Erfindungen zur Schaffung von Einrichtungen, die ein gefahrloses Ankern und Verholen der Luftschiffe ermöglichen sollten.

Das Ankern der Luftschiffe.

Um zu einer korrekten Beurteilung derartiger Einrichtungen zu gelangen und um sie zweckmäßig dimensionieren zu können, ist es notwendig, zunächst einmal die beim Verankern, sowie beim Ein- und Ausfahren eines Luftschiffes auftretenden äußeren Kräfte näher zu untersuchen. Diese Kräfte wirken in horizontaler und vertikaler Richtung und sind im wesentlichen zurückzuführen auf Winddruck bzw. Luftwiderstand und auf Schwankungen des Auftriebes.

Auftriebschwankungen ergeben sich infolge der Temperaturunterschiede der Luftzonen, die das Schiff passiert, oder der tragenden Gasmenge — hauptsächlich infolge von Strahlungseinflüssen. Einige Beispiele mögen das Gesagte erläutern:

Verläßt ein prall gefülltes Luftschiff früh morgens die Halle, so wird es häufig auf dem Landungsplatz eine Lufttemperatur antreffen, welche diejenige der Halle um mehrere Grad übertrifft. Bei einer Differenz von $2\frac{1}{2}^0$ sinkt der Auftrieb um 1%; d. h. ein in der Halle ausgewogenes Luftschiff von 20 000 cbm Fassungsvermögen würde nach dem Herausholen mit rd. 200 kg Abtrieb auf dem Boden festsitzen. Umgekehrt können die schlaffen Zellen eines Schiffes, das am Ende seiner Fahrt im Moment der Landung durch entsprechende Ballastabgabe ins statische Gleichgewicht gebracht ist, durch Sonnenstrahlung, die jetzt um so intensiver wirkt, weil die durch die Fahrgeschwindigkeit in der Luft erzeugte Ventilation in Wegfall kommt, infolge Gaserwärmung wieder prall werden. Hier bleibt das Gasgewicht zunächst konstant; der Auftrieb und damit die Tragkraft steigen aber entsprechend der zunehmenden Luftverdrängung unter Umständen um mehrere hundert Kilogramm.

Derartige Auftriebsschwankungen werden sich während des Verholens eines Schiffes und während des Haltens auf dem Ankerplatz sehr häufig fühlbar machen und werden zur Folge haben, daß das Schiff auf den Boden aufzusetzen oder hochzugehen bestrebt ist. Die auftretenden Kräfte halten sich jedoch in solchen Grenzen, daß sie durch entsprechende Ballastaufnahme bzw. -Abgabe oder, wie es während des Verholens meistens geschieht, durch Ein- und Aussteigen von Mannschaften in einfachster Weise behoben werden können.

Allerdings ist die Wirkung des Ballastes nicht so momentan und das Arbeiten der Mannschaft nicht so exakt und zuverlässig, daß man mit einem absolut horizontalen Verholen des Schiffes rechnen darf. Es wird daher notwendig sein, im Hallenprofil über dem Schiff einen freien Spielraum von mindestens 1 m Höhe einzuhalten, um Kollisionen mit dem Dach zu vermeiden.

Weitere Einrichtungen, wie sie sich in Form von Schienen zur senkrechten Führung des Schiffes leicht anordnen lassen, können das Einbringen zwar vereinfachen und von den Mannschaf-

ten unabhängiger machen; sie wären aber keineswegs notwendig, wenn es sich nur um die durch Auftriebschwankungen hervorgerufenen Kräfte handelte.

Wesentlich schwieriger ist die Aufnahme des Winddruckes, der in den meisten Fällen hinzukommen wird, und der unter ungünstigen Umständen zu einer Stärke anwachsen kann, deren Überwindung ohne mechanische Hilfsmittel nicht oder doch nur mit einer unverhältnismäßig großen Zahl von Haltemannschaften möglich ist.

Eine exakte Ermittelung dieser Kräfte scheitert an der Unsicherheit sämtlicher bisher aufgestellten Widerstandsrechnungen. Zudem sind die rechnerisch eventuell angenähert zu ermittelnden Wirkungen eines stetigen Windes bedeutend geringer als die plötzlich einsetzender Böen von gleicher Durchschnittsgeschwindigkeit. Ebenso werden die verschiedenen Schiffe bzw. Schiffstypen, mit deren Anlaufen bei einem Luftschiffhafen gerechnet werden muß, so verschiedenartige Formen- und Größenverhältnisse aufweisen, daß man zur Dimensionierung der Anker und Verholeinrichtungen die auftretenden Kräfte mit einem allen Verhältnissen Rechnung tragenden Maximalwert einsetzen muß.

Einen Anhalt für die unter verschiedenen Windverhältnissen bei der Verankerung des Schiffes auftretenden Kräfte erhält man auf Grund folgender Überlegung: Bewegt sich ein Luftschiff mit gleichförmiger Eigengeschwindigkeit V, so ist sein Fahrtwiderstand W bei dieser Geschwindigkeit gleich dem momentanen Propellerschub P. Ist also der jeweilige Propellerschub etwa durch Angaben einer Meßdose bekannt, so ist auch der Fahrtwiderstand bei jeder Geschwindigkeit bestimmt. In den meisten Fällen der Praxis ist aber bisher die unmittelbare Messung des Schubes während der Fahrt nicht angängig gewesen. — Auf die Standprobe zurückzugreifen, ist nicht zulässig, weil sich der Schub eines Propellers bei bestimmter Tourenzahl mit der Fahrtgeschwindigkeit ändert. — Es werde daher die Beziehung zwischen Schub und aufgewendeter Motorleistung N zur Ermittelung des Widerstandes herangezogen. Hat die Maschinenanlage den Gesamtwirkungsgrad η, so ist:

$$N \cdot 75 = \frac{P \cdot V}{\eta} \quad \text{und} \quad P = \frac{\eta \cdot N \cdot 75}{V} = W.$$

Es gelte nun die Voraussetzung, daß der Widerstand, den ein Luftschiff bei einer bestimmten Geschwindigkeit während der Fahrt durch die Luft findet, gleich d e m Widerstand ist, den ein das fest verankerte Schiff treffender Luftstrom gleicher Geschwindigkeit hervorruft. Diese Voraussetzung wird allerdings von manchen Seiten angefochten werden und wird auch tatsächlich nicht genau zutreffen; sie dürfte jedoch für den Zweck der Ermittelung ungefährer Überschlagswerte zulässig sein. Um bei der Rechnung auf der sicheren Seite zu bleiben, sollen die Verluste in der Maschinenanlage außer acht gelassen, d. h. der Wirkungsgrad $\eta = 1$ gesetzt werden. Mithin lautet die Gleichung:

$$W = \frac{75 \cdot N}{V}.$$

Für die weiteren Ermittelungen sind Angaben über Leistung und Geschwindigkeit aus dem Werke »Die internationalen Luftschiffe und Flugdrachen« von Hauptmann Neumann zugrunde gelegt, wonach die Größe der Widerstände errechnet ist.

Schiff	Motorleistung	Geschwindigkeit	Widerstand
Z. II	150 PS	13 m p. Sek.	865 kg
Schwaben[1])	300 „	16,6 „ „ „	1355 „
do.	450 „	19,3 „ „ „	1750 „
S. L. I.	540 „	20 „ „ „	2025 „
(do.	270 „	15,5 „ „ „	1310 „)
P. L. 8	300 „	16,5 „ „ „	1365 „
P. L. 11	400 „	18,5 „ „ „	1620 „

Zur Bestimmung des Widerstandes für andere Geschwindigkeiten wurde die Formel:

$$W = \psi \cdot \mu \cdot \otimes \cdot V^2$$

zur Hilfe genommen, in welcher

$$\mu = \frac{\gamma}{g} = \frac{\text{spezifisches Gewicht der Luft}}{\text{Erdbeschleunigung}} = {}^1/_8.$$

gesetzt werden kann und ψ den Widerstandskoeffizienten, $\otimes$ den Hauptspantquerschnitt des Luftschiffes bedeuten. Die Formel

[1]) Die durch Verbesserung der Schiffsform usw. mit neueren Z.-Schiffen erzielten günstigeren Resultate sind absichtlich hier nicht angeführt, da es gerade darauf ankommt, ungünstige Maximalwerte für den Widerstand zu bekommen.

entspricht dem allgemein als gültig angenommenen Gesetz des Winddrucks, wobei der Widerstand der Schiffsform, der Gondel, Takelage etc. durch den Koeffizienten ψ mit berücksichtigt ist. Zur Bestimmung der Hauptspantfläche wurden stets zur Fläche des größten Körperquerschnitts 6 qm für Gondel, Takelage etc. hinzuaddiert. Dieser Zuschlag entspricht natürlich keineswegs dem Anteil, den die Gondeln mit der Takelage bei den verschiedenen Schiffstypen am gesamten Schiffswiderstand haben. Er ist nur zur Vereinfachung des Rechnungsganges in allen Beispielen konstant eingesetzt, zumal da Geschwindigkeitsmessungen mit den neuesten Schiffstypen den Schluß zulassen, daß der Widerstand lose aufgehängter Gondeln nebst vereinfachter Takelage offenbar keineswegs erheblich größer ist als derjenige fest angebauter Gondeln. Hiernach ergibt sich der Gesamtwiderstandskoeffizient wie folgt:

Schiff Name	Geschwindigkeit V	V^2	Durchm. ϕ	Hauptsp. $\otimes$	Widerstand W	ψ
Z. II	13	169	14	154 + 6	865	0,260
Schwaben . .	16,6	275,6	14	154 + 6	1355	0,246
do. . .	19,3	372,5	—	—	1750	0,235
S. L. I . . .	20,0	400	18,4	266 + 6	2025	0,149
(do. . . .	15,5	240,2	—	—	1310	0,160)
P. L. 8 . . .	16,5	272,2	14	154 + 6	1365	0,251
P. L. 11 . .	18,5	342,2	15	177 + 6	1620	0,207

Durch Extra- bzw. Intrapolation gewinnen wir für Z.-Schiffe etwa folgende Werte:

Geschwindigkeit V	V^2	Widerstandskoeff. ψ	Hauptsp. $\cdot 1/8$ $\otimes \cdot 1/8$	Widerstand W
5	25	0,291 ?	$160 \cdot 1/8 = 20$	145 ?
10	100	0,271	do.	540
15	225	0,252	do.	1130
20	400	0,233	do.	1860
25	625	0,213	do.	2660

Selbstredend machen die hier ermittelten Zahlen keinerlei Anspruch auf unbedingte Gültigkeit. Doch dürften sie einigermaßen zutreffen, soweit sie sich innerhalb des durch die praktischen Fahrversuche bestimmten Bereiches halten. Ein Vorzug liegt auch darin, daß jeder Luftschiffführer die für diese Ermittlungen erforderlichen Angaben jederzeit selbst bestimmen kann, während ihm die Unter-

lagen für eine exaktere Widerstandsrechnung meistens nicht zur Verfügung stehen dürften.

Besondere Beachtung erfordert der Umstand, daß — wie bereits erwähnt — ein böiger, stoßweise einsetzender Wind erheblich größere Kräfte ausübt als ein stetiger Wind von gleicher Durchschnittsgeschwindigkeit. Ebenso überwiegen die dynamischen Wirkungen der in Bewegung geratenen Masse eines Schiffskörpers diejenigen der ruhenden Masse ganz bedeutend. Sehr deutlich trat dies bei der Zerstörung des S. L. I in Schneidemühl zutage. Das Schiff hatte hier zwei Tage vor einem eingegrabenen Erdanker gelegen und einen Gewittersturm glücklich überstanden. Plötzlich wurde es von einer Böe mit solcher Heftigkeit gepackt, daß der ganze Anker aus dem Boden gehoben wurde, worauf das Schiff führerlos forttrieb. Nachdem es einmal in Bewegung geraten war, riß es auf seiner weiteren Fahrt durch die herabhängenden Ankerseile zwei Birken von je ca. 40 cm Durchm. samt allen Wurzeln aus dem Grunde. Der statische Winddruck dürfte, selbst wenn die einsetzende Böe eine Geschwindigkeit von 10 bis 12 m hatte, etwa 1000 kg kaum wesentlich überschritten haben; trieb das Schiff aber mit einer Geschwindigkeit von nur 4 m pro Sek. fort, so entwickelte es bei einem Gewicht von 20000 kg eine kinetische Energie von $\frac{20000 \cdot 4^2}{9{,}81 \cdot 2}$ = etwa 16000 mkg, die durch eine entsprechende Arbeit aufgezehrt werden mußte.

Derselbe Umstand dürfte auch die Verwendung langer Ketten zur Verankerung von Luftschiffen, die mehrfach vorgeschlagen wurde, ausschließen. Denn bei dem Herumschwojen vor einer langen Kette kann das Schiff Geschwindigkeiten erreichen, die ihrerseits wieder unzulässig hohe Beanspruchungen zur Folge haben. Auch würde ein am Vorderschiff hängendes Kettengewicht von 600 bis 700 kg dieses derartig herunterziehen, daß sich eine sehr ungünstige Trimmlage ergäbe. Wollte man diese aber durch Ballast oder entsprechende Gewichtsverteilung ausgleichen, so wäre das Schiff nicht fahrfähig, wenn es sich etwa vom Anker losreißen sollte.

Dies Beispiel beweist gleichzeitig, daß die Manöver der Seeschiffahrt nicht ohne weiteres auf die Luftschiffahrt übertragen werden dürfen. Der große Unterschied besteht einmal darin, daß ein Würfel von einem cbm im Wasser 1000 kg in der Luft aber

nur ca. 1 kg verdrängt, so daß hier alle Kräfte und Gewichte eine ungleich größere Wirkung haben. Dabei bietet ein Luftschiff seine ganze Fläche dem Winde dar und nimmt daher relativ viel größere Winddruckkräfte auf als ein Seeschiff, das nahezu zur Hälfte ins Wasser taucht, und dessen Bewegung dadurch stark gebremst wird.

Und ferner gelten für das in einem Medium schwimmende Luftschiff ganz andere Gleichgewichtsbedingungen als für ein auf der Wasseroberfläche schwimmendes Seeschiff: ersteres erfährt, wenn es einmal im Gleichgewicht ist, durch jede zusätzliche Belastung, wie z. B. durch eine einfallende Böe oder durch den Zug der Ankertrosse einen entsprechenden Abtrieb; bei letzterem dagegen werden diese Kräfte durch ein Tiefertauchen und entsprechende Auftriebsvermehrung sehr elastisch aufgenommen, so daß eine dauernde Störung des Gleichgewichtszustandes überhaupt nicht eintritt.

Bei der Dimensionierung der Ankereinrichtungen wird es ausreichen, wenn man eine Windgeschwindigkeit von 25 m pro Sekunde zugrunde legt. Jedoch ist zu bedenken, daß der Wind nicht immer genau von vorne einfällt, wie in der Rechnung vorausgesetzt, sondern daß er das Schiff auch schräg seitlich treffen wird, wobei dann immer geraume Zeit vergeht, bis es wieder in die Windrichtung einschwenkt. Um dem hierdurch bedingten größeren Winddruck Rechnung zu tragen und auch gegen alle sonstigen Eventualitäten gerüstet zu sein, sollte man zum mindesten die Hauptverankerung so stark bemessen, daß alle der Abnutzung ausgesetzten Teile gegenüber der rechnerisch ermittelten Last eine acht- bis zehnfache Sicherheit bieten. Damit dürfte auch die zukünftige Entwicklung, die jedenfalls noch beträchtlich größere Schiffe als die heutigen bringen wird, für die nächste Zeit ausreichend berücksichtigt sein.

Als Anker dient in den meisten Fällen ein Betonsockel, der z. B. bei einer Fläche von 1,8 × 1,8 m und bei 2,2 m Tiefe ein Eigengewicht von rd. 15 000 kg besitzt, wozu noch der Erddruck mit einer je nach der Bodenbeschaffenheit verschieden großen Last hinzukommt. Der Sockel wird mit einem Ankereisen armiert, welches oben zweckmäßig einen Ring trägt zum Befestigen von Halteleinen etc. Er sollte jedoch keinesfalls vor dem umgebenden Boden vorstehen; ebenso ist der Eisenring in eine Aus-

sparung des Sockels einzulassen, um Beschädigungen der Gondel zu vermeiden und um auch für das An- und Abfahren von Flugzeugen kein Hindernis zu bieten. Ein solcher Ankerklotz ist in der Mitte des Landungsplatzes anzuordnen, um die Schiffe hieran bei Zwischenlandungen oder für den Fall, daß der Wind ein sofortiges Einfahren in die Halle nicht zuläßt, verankern zu können. Rings um denselben herum muß ein Platz von mindestens 200 m Radius frei bleiben, damit die Schiffe stets unbehindert in jede Windrichtung einschwenken können. Auch zur Vornahme von Kompaßkompensierungen, bei denen das Schiff im ganzen Umkreis herumgeschwenkt werden muß, wäre es hier in der Mitte des Platzes zu verankern.

Zum Befestigen des Schiffes am Erdanker dienen im allgemeinen lehnige, d. h. leicht biegsame Seile von vielleicht 20 bis 25 mm Durchmesser, die bei stärkerer Beanspruchung eventuell doppelt zu nehmen sind. Ein Nachteil der Drahtseile bei ihrer Verwendung als Ankertrossen liegt in ihrer geringen Dehnung. Diese hat zur Folge, daß alle Windstöße ohne Ausgleich auf das Schiff geleitet werden und hierdurch auf die Dauer leicht eine Lockerung

Fig. 16.

der Verbände des Gerippes bewirken. Um dem vorzubeugen, gelangen vielfach Ankertrossen mit zwischengeschalteten Federn zur Verwendung (Fig. 16). Auch die Benutzung relativ schwerer Ankerketten bewirkt eine gewisse Abschwächung der durch die Böen hervorgerufenen Beanspruchungen, da ein Teil der Stoßkraft durch das Geradespannen der durchhängenden Kette aufgezehrt wird.

Um bei dem Herumschwojen des Schiffes die Ankertrossen nicht zu verdrehen und dadurch in unzulässiger Weise zu beanspruchen, sind sie nicht fest, sondern drehbar an dem Betonklotz anzubringen. Es kann dies entweder durch Zwischenschaltung eines sog. Wirbelschäkels geschehen oder auch durch eine kugelige Lagerung in einer in den Sockel eingelassenen Fassung. Für derartige Verankerungsvorrichtungen liegen mehrere teilweise durch Patente geschützte Ausführungsformen vor.

Alle bisher ausgeführten Vorrichtungen bringen aber keine einwandfreie Lösung des Problems der Verankerung von Luftschiffen. Es wird dies sofort klar werden, wenn wir die Kräfteverhältnisse einmal näher ins Auge fassen: Den angreifenden Winddruck können wir uns im Druckmittelpunkt der dem Winde dargebotenen Fläche vereinigt denken. Dieser liegt je nach der Größe und Form des Schiffes ca. 12 bis 14 m über dem Boden. Dem Winde entgegen wirkt die horizontale Komponente der Zugkraft der Ankertrosse. Diese greift im allgemeinen unterhalb des Vorschiffes an und führt von hier aus schräg abwärts nach dem Erdanker. — Beträgt der Frontwiderstand eines Schiffes (vgl. die Tabelle S. 40) bei 20 m Windgeschwindigkeit ca. 2000 kg, und ist die Ankertrosse gegen die Horizontale etwa um 30° geneigt, so muß diese eine Zugkraft von rd. 2300 kg entwickeln. Daraus resultiert gleichzeitig eine Vertikalkraft von ca. 1150 kg, welche den Schiffskörper auf den Boden drückt und

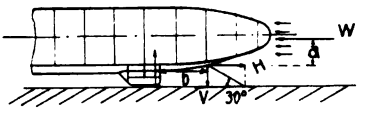


Fig. 17.

hierbei über die Vorderkante der Gondeln zu kippen sucht. Es ergeben sich auf diese Weise bei einer Anordnung gemäß Fig. 17 zwei Kräftepaare, welche einander entgegenwirken: nämlich $W \cdot a$ und $V \cdot b$. Ist in einem speziellen Fall $a = 6$ m und $b = 12$ m, so bleibt nach Subtraktion der beiden Kräftepaare ein Moment von 1800 mkg, welches das Schiff vornüber zu kippen bestrebt ist und dabei die vordere Gondel mit einer Kraft von 1150 kg auf den Boden drückt. Um diese Kraft zu überwinden, d. h. also, um die Gondel frei vom Boden zu halten, wären mindestens 40 Mann erforderlich, die aber praktisch gar nicht gleichzeitig anfassen können. Man muß also damit rechnen, daß die Gondel bei stärkeren Windstößen aufsetzt, während sie zwischendurch freischwebt. Fällt während des Aufsetzens eine Böe von der Seite ein, so wird das Schiff nicht einschwenken können, sondern seitlich überkanten. In ähnlicher Weise scheint sich auch die Zerstörung des Z. 1 in Karlsruhe abgespielt zu haben; jedenfalls berichteten Zeitungsmeldungen, daß die Vernichtung

durch Aufstoßen der Gondel und des Vorschiffes auf den Boden eingeleitet wurde.

Auf welche Weise kann nun diesem Übelstand abgeholfen werden? Offenbar liegt ein Systemfehler darin, daß die Ankertrosse — mag sie nun von Mannschaften oder von einem Erdanker gehalten sein — das Schiff auf den Boden zieht, während man andererseits bestrebt ist, die Gondeln möglichst frei vom Boden zu halten. Es lag daher zweifellos ein richtiger Gedanke zugrunde, wenn im Anschluß an die erwähnte Luftschiffkatastrophe vorgeschlagen wurde, die Schiffe nicht in der beschriebenen Weise am Boden zu verankern oder durch Mannschaften halten zu lassen, sondern mittels einer an der Spitze angebrachten Fesselung an ca. 40 m hohen Ankertürmen festzumachen. An Hand der Skizze ist ohne weiteres ersichtlich, daß bei einer derartigen Verankerung die Vertikalkraft und damit das Herunterdrücken des Vorschiffes in Fortfall kommt. (Dieselbe Wirkung wird in Ermangelung von Ankertürmen auch dadurch angestrebt, daß man die in Höhe des Druckmittelpunktes liegenden Propeller mitlaufen läßt.) Ein Aufstoßen des Hinterschiffes soll durch entsprechende Betätigung der Steuerung verhindert werden. Im gleichmäßigen Luftstrom dürfte dies wohl durchführbar sein, wenn es auch bei lange anhaltendem Unwetter für die Besatzung sehr anstrengend sein wird. Ob aber bei plötzlich einsetzenden Böen die lebendige Kraft, welche die Schiffskörpermasse bei einmal eingeleiteter Auf- oder Abwärtsbewegung entwickelt, durch die Ruderwirkung stets schnell genug überwunden werden kann, müßte wohl erst durch die Praxis bewiesen werden. Das Festmachen der Ankertrosse und das Landen von Passagieren aus dem in 40 m Höhe hin und her pendelnden Schiff sind ebenfalls keineswegs leicht durchführbare Manöver. Erschwert wird die Verankerung noch durch die Auftriebsschwankungen, die beim Übergang vom Tag zur Nacht ganz beträchtliche Werte erreichen und durch Ballast kaum ausgeglichen werden können. Ein Nachteil liegt auch darin, daß als Spielraum für die Bewegung des Schiffes und für das nachherige Landen rings um den Ankerturm herum ein Feld von mindestens 250 m Halbmesser verfügbar sein muß, das aber wegen der Behinderung durch den Turm mindestens zur Hälfte als Landeplatz nicht verwertbar ist.

Es ergeben sich also auch gegen diese Methode eine Reihe von Bedenken, die aber zum Teil durch eine etwas abgeänderte Ausführung vielleicht beseitigt werden können. Würde der Ankerturm nur ca. 12 m hoch gewählt, so könnte er ohne Schwierigkeit klappbar ausgebildet werden, so daß er bei der Landung kein Hindernis bietet, und daher auch ein besonderer Ankerplatz nicht erforderlich wird. Nach erfolgtem Befestigen derAnkertrosse, die zweckmäßig federnd auszubilden ist, kann der Turm aufgerichtet und durch Drahtseile nach allen Richtungen hin sicher abgestagt werden. (Fig. 18.) Bei einer Fesselung des Schiffes an der Spitze, also ungefähr in Höhe des Widerstandsmittelpunktes tritt bei horizontaler Luftströmung eine Vertikalkraft nicht auf. Drücken dennoch etwaige Windstöße das Schiff auf den Boden, so kann ein einwandfreies Einschwenken dadurch gewährleistet werden, daß die Gondel, falls sie nicht selbst mit querschiffs einstellbaren

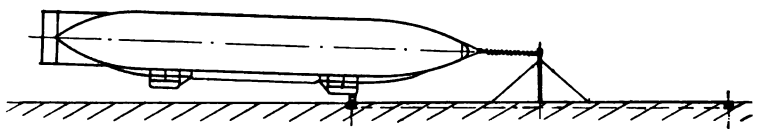


Fig. 18.

Rädern oder Kufen versehen ist, auf einen nicht zu kurzen Wagen geschnallt wird, der sich auf einer ringförmigen Bahn im Kreise um den Ankerturm herum beliebig einstellen kann. Der Radius der Ringbahn ist entsprechend den größten in Frage kommenden Abständen von der vorderen Gondel bis zur Ankertrosse an der Spitze des Schiffes zu etwa 50 m anzusetzen. Bei dieser Verankerung wird es sich empfehlen, das Hinterschiff zu entlasten, so daß es schräg aufwärts gerichtet ist, und die zweite Gondel mehrere Meter über dem Boden freischwebt. Durch die Höhensteuer kann die Einhaltung dieser Lage unterstützt werden. Die Brauchbarkeit einer solchen Verankerung ließe sich unschwer durch praktische Versuche feststellen, die hiermit jedenfalls mit geringerem Risiko vorgenommen werden können als mit den vorerwähnten 40 m hohen Türmen.

Landet ein Luftschiff auf Plätzen, an denen keine Verankerungseinrichtungen vorgesehen sind, so muß mit provisorischen Mitteln geholfen werden. Hierzu dienen in erster Linie die Anker,

die das Schiff selbst mitführen kann. Verschiedene Konstruktionen sind bereits durchprobiert und haben sich bei nicht zu starker Beanspruchung bewährt. Eine Ausführung besteht aus einem starken, am unteren Ende zugespitzten Stahlrohr, an dem greiferartige Widerhaken beiklappbar angebracht sind. Das Rohr wird mit Hämmern in die Erde getrieben und danach ein Rundeisen der Länge nach von oben her eingeführt. Hierdurch werden die Widerhaken, die sich während des Einrammens an die Rohrwand angelegt hatten, nach außen gedrückt, wodurch sie dem Anker im festen Erdreich immerhin schon einen gewissen Halt geben. Da die Zugrichtung der Ankertrosse bei unstetigem Wind dauernd wechselt, empfiehlt es sich, zwei bis drei solcher Pfähle mit den Spitzen nach außen divergierend einzutreiben, während die oberen Enden durch Drahtstroppen miteinander verbunden werden. Diese Ankerpfähle haben den Vorzug, daß sie sich in kurzer Zeit einsetzen lassen, was bei Notlandungen von großer Wichtigkeit sein kann. Bei vorgenommenen Belastungsversuchen hielten zwei derselben in gewachsenem Boden zusammen annähernd 4000 kg. Ein gleichfalls ausprobierter, aus Rundeisen gewundener Spiralanker hielt bei größerem Eigengewicht nur ca. 300 kg.

Mit einfachen Mitteln läßt sich ein unter Umständen sehr tragfähiger Erdanker, dessen Einsetzen allerdings längere Zeit erfordert, dadurch schaffen, daß zwei kreuzweise übereinandergelegte Holzbalken ca. 2 m tief eingegraben werden, während ein an denselben angreifendes Drahtseil zur Befestigung der Ankertrosse aus dem aufgeschütteten und möglichst noch festgestampften Boden herausragt. Ein derartig hergestellter Anker, dessen Balken nur ca. 1,50 m lang waren, konnte bei einer Belastungsprobe mit einer Kraft von über 20 000 kg nicht aus dem Boden gerissen werden. Daß er jedoch in reinem, trockenem Sandboden auf die Dauer nicht hält, ist durch die vorerwähnte Strandung des S. L. I erwiesen.

Die Verwendbarkeit der provisorischen Anker ist sonach sehr von der Bodenart abhängig. Holzkreuze oder mit Greifern armierte Pfähle sind in lockerem Sand nicht zu gebrauchen, weil dieser bei längerer Beanspruchung zwischen den Balken oder Greifern durchrutscht. Hier müssen Anker zur Verwendung gelangen, deren Wirkung nicht von dem Zusammenhängen des Erdreichs unter sich abhängig ist, die vielmehr eine möglichst

große Menge Sand g e w i c h t fassen. Diese Aufgabe wird immer noch am besten gelöst durch die in den Anfängen der Luftschifffahrt viel angewendete Methode, einen überall leicht zu beschaffenden Ackerwagen mindestens bis zu den Achsen einzugraben und den Wagenkasten, um den die Ankerseile geschlungen werden, mit Sand aufzufüllen. Ein solcher Anker hält dann außer dem Gewicht des Wagens unter allen Umständen mindestens 1500 kg für jeden aufgeschütteten Kubikmeter Sand.

Das Festmachen und Verholen.

Es wird nicht immer gelingen, die Luftschiffe in unmittelbarer Nähe des Hauptankersockels zur Landung zu bringen, bzw. die Landungstaue hier zu werfen. Man muß mit der Möglichkeit rechnen, daß das Schiff auch über das Ziel hinausschießen oder vorzeitig zurückgetrieben werden kann, zumal der Wind am Boden meist in anderer Stärke weht als in Fahrthöhe. Ebenso kann im Moment des Abstieges sehr leicht ein Abtreiben nach der einen oder anderen Seite erfolgen, weil durch die Verringerung der Fahrgeschwindigkeit die Steuerfähigkeit stets beeinträchtigt sein wird. In solchen nicht vorauszusehenden Fällen werden die Landungstaue häufig an Stellen fallen, wo nur wenig Mannschaften postiert sind, die allein das Schiff nicht zu halten vermögen. Gelingt es nun der Schiffsbesatzung nicht, im gegebenen Moment die Propeller vorwärts bzw. rückwärts schlagen zu lassen, so kann es von entscheidender Bedeutung sein, daß auch die wenigen Mannschaften in der Lage sind, das Schiff in richtiger, sachgemäßer Weise zum Stehen zu bringen. Hierzu sind an mehreren Stellen auf dem Landungsplatz Vorrichtungen zu schaffen, die es gestatten, die Leinen, wie sie fallen, also z. B. nicht an ihrem unteren Ende, sondern auf halber Länge, in denkbar kürzester Zeit festzulegen, jedoch so, daß sie zur langsamen Abbremsung der Fahrt nach Bedarf allmählich nachgelassen, »gefiert« werden können. Es wäre absolut verfehlt, die Taue sofort »für fest zu belegen«, wie es von allzu eifrigen, nicht richtig instruierten Leuten leicht geschieht; denn durch den starken Seilzug wird die ganze Ankervorrichtung mit ihrer Befestigung am Schiffskörper enorm beansprucht und das Vorschiff in unzulässiger Weise heruntergeholt. — Für derartige Zwecke haben sich in der Seeschiffahrt sog. Kreuzpoller bewährt, ähnlich der

Skizze Fig. 19. Diese sind den sonst üblichen Ringen für provisorisches und rasch auszuführendes Festmachen entschieden vorzuziehen; selbstredend dürfen auch sie nicht vorstehen, sondern sind in eine muldenartige Aussparung des Betonsockels einzulassen, deren Kanten genügend abzurunden sind, um einem Durchscheuern der Festmacherleinen vorzubeugen. Diese Mulde wird man zweckmäßig mit einem leicht abnehmbaren Holzdeckel oder Riffelblech abdecken, um das Manövrieren auf dem Platze nicht zu behindern.

Sind die Landungstaue gefaßt, so bereitet es oft große Schwierigkeiten, das Schiff herunterzuziehen, wenn es durch übereilige Ballastabgabe, durch Gaserwärmung oder kalte Bodenluft starken Auftrieb erhält, und zwar liegt die Hauptschwierigkeit darin, daß an den senkrecht nach oben ziehenden Seilen nur sehr wenig Leute anfassen können, während die übrigen untätig zusehen.

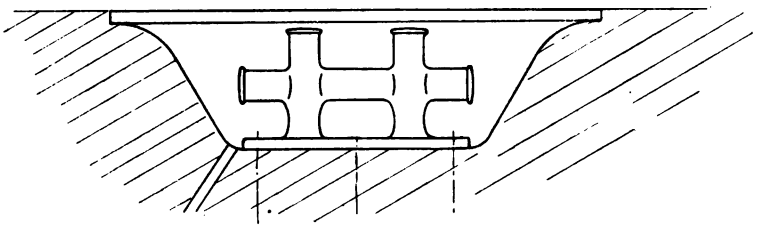


Fig. 19.

Für diese Fälle empfiehlt es sich, in jedem Luftschiffhafen aufklappbare Seilrollen zur Hand zu haben, die um das Landungstau gelegt und durch Knebelbunde von einer Anzahl Mannschaften gehalten werden, während die übrigen Mannschaften nun in beliebig großer Zahl das durch die Rolle durchlaufende Landungstau fassen und horizontal über den Boden entlang holen können.

Die nächste Aufgabe wird nun die sein, das Schiff von der Mitte des Landungsplatzes bis vor die Halle zu bringen. Erfolgt dies in sachgemäßer Weise derart, daß das Schiff nun an der vorderen Verankerung gehalten wird und stets die Möglichkeit hat, in den Wind einzuschwenken, so wird der Transport keine Schwierigkeiten bereiten. Voraussetzung ist hierbei jedoch, daß alle seitlichen Leinen außer Zug sind, und auch die Mannschaften an den Gondeln stets dem seitlichen Einschwenken des Schiffes nachgeben; denn der Winddruck wächst ganz bedeutend, sowie

er die großen Seitenflächen des Schiffskörpers trifft. Man wird also für diesen Transport besondere Einrichtungen im allgemeinen entbehren können. Will man aber sicher gehen, so kann man in Abständen von 50 bis 100 m auf dem Wege vom Landungsplatz zur Halle die oben beschriebenen Kreuzpoller — in Betonklötze eingelassen — versetzen, um das Schiff bei einsetzenden Windstößen vorübergehend festlegen zu können.

Das Ein- und Ausfahren der Luftschiffe.

Das nun folgende Einfahren gestaltet sich am einfachsten, wenn der Wind von der Halle her in Längsrichtung derselben weht. Wir sahen, daß auch bei 15 bis 20 m Windgeschwindigkeit der Frontwiderstand mit maximal ca. 2000 kg keineswegs unüberwindlich groß wird. Es lassen sich leicht Winden oder Spills aufstellen, die eine entsprechende Zugkraft entwickeln. Man hat jedoch meistens von der Benutzung maschineller Einrichtungen wieder Abstand genommen, da der Betrieb mit denselben oft nicht genügend anpassungsfähig ist, vielleicht auch deswegen, weil man für das Verholen genau in Windrichtung stets genügend Leute zur Stelle hatte. — Sehr wirksam kann das Hereinholen durch die Maschinenanlage des Schiffes selbst unterstützt werden, indem man die Propeller mitlaufen läßt. Es kommt hinzu, daß das Schiff sehr bald in den Windschatten der Halle gelangt, wo nicht nur der Stirnwiderstand fortfällt, sondern sogar durch den entstehenden Sog eine Luftbewegung in die Halle hinein hervorgerufen wird.

Um auch bei geringeren Abweichungen des Windes von der Längsrichtung der Halle, wie sie sich im Verlaufe des Verholmanövers leicht einstellen können, eine Kollision zu vermeiden, werden stets auch die seitlichen Halteleinen vorne und hinten beiderseits zu besetzen sein. Die Mittellinie der Halle wird hierbei als Anhalt für die zu wahrende Lage des Schiffes auf dem Boden durch einen Farbstrich markiert, der außerhalb der Halle in einer Schlackenbahn oder dergl. seine Fortsetzung findet. In ähnlicher einfacher Weise vollzieht sich das Ausfahren mit dem Winde.

Ist der Wind auf die Einfahrt gerichtet, jedoch noch in Längsrichtung der Halle, so wird das Manöver in ganz analoger Weise ausgeführt; nur wird das Schiff nunmehr mit dem Heck

voraus eingebracht. Es erfordert jedoch etwas größere Vorsicht, da in dem Moment, wo das Heck in die Halle eintritt und somit nicht mehr eingeschwenkt werden kann, Gefahr besteht, daß das Vorschiff herumschlägt, wenn es nicht vom Spitzentrupp sehr exakt im Winde geführt wird.

Wesentlich kritischer aber wird das Verholen, wenn das Luftschiff mit dem Heck gegen einen stärkeren Wind ausfahren muß, wie es bei festen Hallen mit nur einer Ausfahrt häufig genug vorkommen wird. Die großen Steuer- und Stabilisierungsflächen, die neuerdings stets am Heck angeordnet werden, wirken hierbei wie ein mächtiges Bugruder. Die geringste Abweichung von der Windrichtung bedingt sofort eine wesentliche Zunahme des Winddruckes durch die Vergrößerung der Angriffsflächen. (Nach Versuchen von Prof. Prandtl erreicht der seitliche Winddruck bereits bei einer Ablenkung von nur 6^0 aus der Längsrichtung die Größe des Frontwiderstandes.) Gelingt es nicht im ersten Moment, das Schiff wieder in den Wind zu bringen, so besteht größte Gefahr, daß es vollkommen breitschlägt, da der Winddruck immer mehr wächst bis zu seinem Maximalwert bei direkt seitlichem Wind.

Bei annähernd quer einfallendem Wind sind zwei Fälle zu unterscheiden, je nachdem, ob nämlich der Wind unter einem geringen Winkel vom Hallentor fort, oder ob er auf dasselbe zu gerichtet ist. Der erste Fall ist der einfachere: Das Schiff wird, wie oben beschrieben, bis direkt vor die Halleneinfahrt gebracht und zwar derart, daß der Bug gerade von der zu Luv gelegenen Ecke des lichten Profils freikommt, während leewärts zwischen dem Tor bzw. Torbinder und dem Schiffskörper ein ausreichender Abstand einzuhalten ist (Fig. 20). Um das Schiff bis zum Anbringen aller erforderlichen Halteleinen bzw. bis zur Verteilung der Mannschaften usw. sicher in dieser Lage halten zu können, wird es sich empfehlen, an entsprechender Stelle mitten vor der Halleneinfahrt — vielleicht in ca. 25 bis 30 m Abstand vom Endbinder — einen Betonanker mit Ring zu versetzen; ferner zum provisorischen Befestigen der seitlichen Halteleinen ev. Kreuzpoller zu beiden Seiten des Ankers.

Das Einfahren vollzieht sich nun in der Weise, daß das Hinterschiff langsam gegen den Wind aufgeholt und gleichzeitig das Vorschiff, soweit es zur Vermeidung einer Kollision nur irgend

zulässig ist, weiter in die Halle hinein »bugsiert« wird. Die Skizzen Fig. 20 bis 21 zeigen, in welcher Weise ein einfahrendes Luftschiff durch verschiedene Torausführungen gegen den Wind abgedeckt wird. Bei Besprechung der Toranlagen wird hiervon noch des näheren die Rede sein.

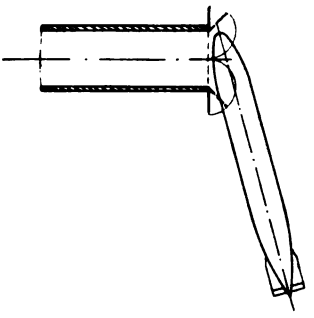


Fig. 20.

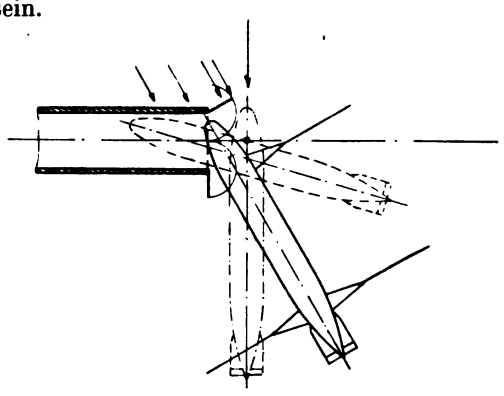


Fig. 21.

Skizze 22 veranschaulicht, wie das Schiff bei einer breiteren Halle (sog. Doppelhalle) bedeutend weniger aufgeholt zu werden braucht. Das Verholmanöver wird sich hier also wesentlich leichter gestalten.

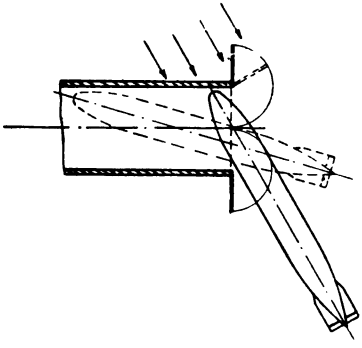


Fig. 22.

In derselben Weise, d. h. mit dem Vorschiff voran wird man ein Schiff auch dann verholen, wenn der Wind direkt quer einfällt; denn man kann auf diese Weise, indem es vorne verankert wird, durch langsames Aufholen zunächst feststellen, ob die verfügbaren Mannschaften gegen den Wind aufkommen können. Ist dies nicht möglich, so kann das Schiff wieder eingeschwenkt werden, ohne daß es irgendwie gefährdet wird.

Anders im zweiten Fall, wenn der Wind unter einem gewissen Winkel auf die Einfahrt gerichtet ist. Hier wird das Schiff zu Luv von der Halle zu bringen sein, und zwar so, daß

das Heck gerade vom lichten Profil des Torbinders klar geht (Fig. 23 a). An entsprechenden Stellen — vielleicht auf einer unter ca. 30 bis 45° von der Halle aus verlaufenden Geraden — sind für diesen Fall eventuell einige Kreuzpoller in größeren Ab-

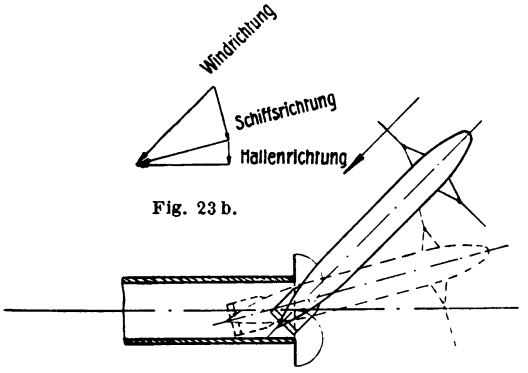


Fig. 23 b.

Fig. 23 a.

ständen vorzusehen. Durch langsames Sackenlassen und entsprechendes Vorrücken mit dem Heck wird nun das Schiff vollends in die Halle zu bringen sein. — Eine andere Methode besteht darin, daß das Vorschiff zunächst in entsprechendem Abstand

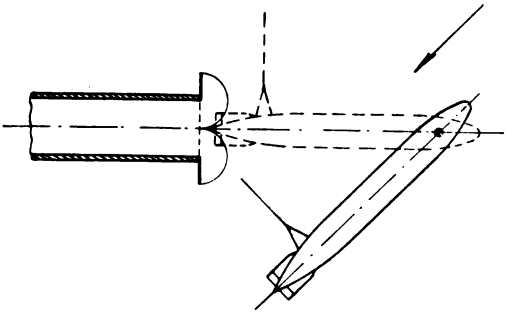


Fig. 24.

mitten vor der Halle verankert wird. (Auch hier wären dann ein Verankerungsring sowie eventuell seitliche Poller am Platze.) In diesem Falle muß also das Hinterschiff gegen den Wind aufgeholt werden (Fig. 24). Es ist dies entschieden weniger emp-

fehlenswert, da das Schiff, bevor es eingefahren wird, vollkommen quer zum Winde gehalten werden muß. Im vorhergehenden Fall dagegen kann es je nach der Breite der Halle stets mehr oder minder schräg zur Windrichtung liegen. Wie aus der Kräftezerlegung ersichtlich (Fig. 23 b), trägt außerdem eine Komponente des Winddruckes noch dazu bei, das Schiff in die Halle zu schieben. Vor allen Dingen aber ist es wesentlich leichter, ein Schiff bei einem bestimmten Winddruck zu halten oder »sacken« zu lassen, als gegen den Wind aufzuholen, weil die unvermeidliche Bodenreibung der Gondeln die Aufgabe der Haltemannschaft im ersteren Fall unterstützt, im letzteren aber bedeutend erschwert.

Die hier beschriebenen Verholmanöver sind so angelegt, daß dem Wind bei den verschiedenen Richtungen, die er relativ zur Halle annehmen kann, stets eine möglichst kleine Angriffsfläche geboten wird. Trifft der Wind, wie es hierbei angestrebt wurde, den Schiffskörper immer unter einem spitzen Winkel, so erfährt er bereits an den vorderen Flächen eine Ablenkung aus seiner ursprünglichen Richtung. Die weiter zurückliegenden Flächen des langgestreckten Körpers haben also einen noch günstigeren Einfallswinkel des Windes, so daß auch der Druck relativ stärker abnimmt als die Projektion des Lateralplanes.

Unter Beobachtung dieser Regel wird der Winddruck auf das geringste erreichbare Maß reduziert. Es wird daher auch möglich sein, die Schiffe unter Verzicht auf alle mechanischen Hilfsmittel allein durch eine entsprechende Anzahl von Haltemannschaften bei Querwind bis zu einer gewissen Stärke in die Hallen hineinzubringen. Das Gelingen des Manövers ist jedoch sehr von dem richtigen Arbeiten der Mannschaften abhängig, und hierfür hat man wiederum um so weniger Gewähr, je größer die Anzahl derselben ist. Für ihre Bemessung kann als Anhalt dienen, daß ein Mann stehend maximal und nur für kurze Zeit ca. 45 kg zu halten vermag, im Vorwärtsgehen aber nur etwa 25 bis 30 kg. Voraussetzung hierbei ist jedoch, daß die Mannschaften am Boden einen festen Halt haben, um sich entsprechend gegenstemmen zu können. Es liegt auch darin wieder ein Grund, ein Landungsgelände mit lockerem Sandboden zu vermeiden. Aus gleicher Ursache ist ein wasserundurchlässiger Boden ungeeignet, da er bei dem geringsten Regenfall eine schlüpfrige Oberfläche abgibt, die das Verholen

eines Schiffes sehr erschwert. Besonders vor der Toreinfahrt ist ein fester trockener Boden zu schaffen, eventuell durch festgestampfte Schlacken oder dergl. Ist der Hallenfußboden auch vor dem Tor als Holzverschalung weitergeführt, so kann man hier Leisten aufnageln, die besonders bei nassem Wetter willkommenen Halt bieten, ohne bei geeignet gewähltem Abstand von ca. ½ bis ¾ m das Laufen zu behindern.

Um nun für die Größe des seitlichen Winddruckes wenigstens einen rohen Überschlag zu erhalten, wird auf die Ermittelung des Frontwiderstandes zurückgegriffen. Die in der Tabelle Seite 40 für den Widerstandskoeffizienten ψ ermittelten Werte beziehen sich, wie aus dem Gang der Rechnung ersichtlich, auf den Widerstand des Schiffes in Fahrtrichtung. Für diesen Fall wird aber jeder Konstrukteur die Widerstände durch günstige Formung des Schiffskörpers und der Gondeln, durch Verkleidung aller vorstehenden Gitterträger etc. so gering wie möglich zu halten bestrebt sein. Für jede andere Richtung wird die Widerstandszahl größer ausfallen und wahrscheinlich ihren ungünstigsten Wert erreichen für die Richtung quer zur Längsachse des Schiffes. Welche Größe er hier jedoch erreicht, darüber fehlen erst recht jegliche exakten Unterlagen, so daß man auf Vermutungen angewiesen ist. Angenommen, der Widerstandskoeffizient wachse hier bis zum eineinhalbfachen Betrage, dann ergeben sich für den Winddruck auf den überschlägig ermittelten Lateralplan eines Z.-Schiffes folgende Werte, denen zum Vergleich die entsprechend ermittelten Zahlen für den S. L. I angefügt sind.

Schiff	Durchmesser	Länge	Lateralplan	Geschwindigkeit	Widerst.-Koeff. ψ	$\psi \cdot 1{,}5$	Seitlicher Widerst.
Z.-Schiff	14+2 m[1])	140 m	ca. 2100 qm	5 m/sec.	0,291	0,436	2860 kg
do.			do.	10 „	0,271	0,406	10650 „
do.			do.	15 „	0,252	0,378	22300 „
S. L. „ [2])	18,4 „	131 „	ca. 1900 „	15,5 „	0,160	0,240	13680 „

[1]) 2 m Zuschlag für den Laufgang.

[2]) Der kleinere Lateralplan und die günstigere Widerstandsziffer des S. L. I ergeben entsprechend niedrigere Werte für den seitlichen Winddruck; die S. L.-Schiffe müßten sich hiernach bei seitlichem Wind leichter verholen lassen. Die Praxis scheint übrigens der Rechnung einigermaßen recht zu geben; beispielsweise gelang es, bei einer Landung des S. L. I in Gotha, bei der die Geschwindigkeit des unter

Der Winddruck greift im Druckmittelpunkt des Lateralplanes an. Dieser wird, je nach der Form und Lage der Steuer, des Laufganges, der Gondeln etc. mehr oder minder tief unterhalb der Längsachse des Schiffgerippes zu suchen sein. Die Wirkung dieses Winddruckes wird nur aufgehoben, wenn an der gleichen Stelle eine gleichgroße entgegengesetzt gerichtete Kraft angreift. Diese Voraussetzung wird aber praktisch fast nie zutreffen. Der Angriffspunkt des Winddruckes wird bei den größeren Schiffstypen ca. 10 bis 12 m über dem Boden liegen; man kann also von hier

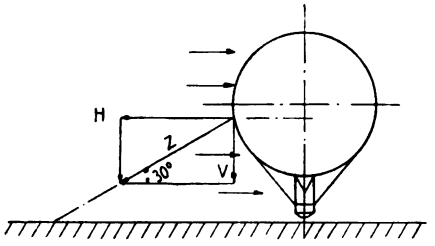


Fig. 25.

aus die Halteleinen ohne komplizierte Hilfseinrichtungen nicht horizontal führen, sondern nur schräg abwärts, jedoch so weit vom Schiffe fort, wie es das lichte Hallenprofil zuläßt. Infolgedessen muß, wie aus der Skizze Fig. 25 ersichtlich, durch die Halteleinen ein wesentlich größerer Zug Z ausgeübt werden, um dem Winddruck W eine gleichgroße Horizontalkraft H entgegenzustellen. Die Verhältnisse werden um so ungünstiger, je höher der Schiffskörper über dem Boden liegt. Es ist daher auch geradezu wider-

---

ca. 80° quer einfallenden Windes am Boden zu 11½ m gemessen wurde, das Schiff trotz seines großen Durchmessers von über 18 m mit ca. 200—250 Mann, von denen noch ein Teil als Gondel- und Spitzentrupp angestellt war und daher für das seitliche Halten ausfiel, unversehrt in die nur 26 m breite Halle zu bringen. Bei 90° ergibt die Rechnung einen Winddruck von etwa 8000 kg und einen durch die schräge Richtung der Halteleinen bedingten Seilzug von etwa 9200 kg. Da das Schiff im Moment, wo die vordere Spitze das Tor passierte, noch eine allerdings nur sehr geringe Schräglage zur Hallenrichtung hatte, so dürfte der tatsächliche Zug ca. 8000 kg betragen haben. Es entfielen somit auf den Mann 35 kg, was ungefähr mit der Wirklichkeit übereinstimmen könnte.

sinnig, das Einfahren in eine Halle mit festen Seitenwänden dadurch ermöglichen zu wollen, daß das Dach aufklappbar ausgeführt wird.

Da die Halteleinen jedoch tatsächlich meistens tiefer angreifen als der Winddruck, so ergibt sich gleichzeitig ein Moment $W \cdot a$, welches das Schiff im Sinne des Pfeiles zu drehen bestrebt ist (Fig. 26). Dieser Drehbewegung wirkt aber ein Moment $G \cdot b$ entgegen, welches dadurch entsteht, daß der Systemschwerpunkt, in dem die abwärts gerichtete Schwerkraft angreift, sich gegen den Schwerpunkt des Auftriebs verschiebt. Dieses Moment wächst mit zunehmender Neigung des Schiffes; die Bewegung wird daher bei einer gewissen Schräglage zum Stillstand kommen.

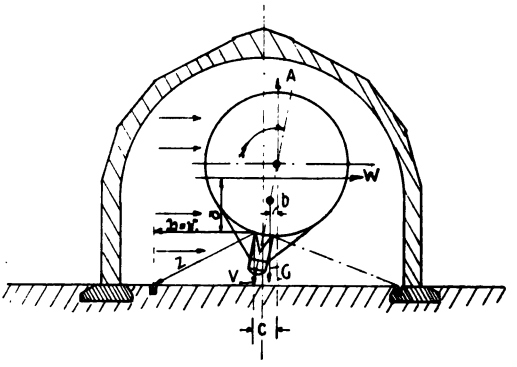


Fig. 26.

(Verstärkend tritt noch der Einfluß einer abwärts gerichteten Komponente V des Seilzuges hinzu, welche am Hebel c angreift.) Da jedoch der Winddruck keine konstante Größe darstellt, sondern bald größere, bald kleinere Werte annimmt, so wird sich keine konstante Schräglage einstellen, sondern das Schiff wird Pendelbewegungen annehmen, welche das Ein- und Ausfahren in unangenehmer Weise erschweren.

Die schräge Richtung der Halteleinen bedingt nun gleichzeitig eine vertikal abwärts gerichtete Komponente des Seilzuges $= V$. Diese Kraft wirkt unter Umständen dem Wind, der sich zwischen dem Boden und dem Schiffskörper staut und diesen dadurch zu heben bestrebt ist, sowie auch dem Auftrieb in günstiger Weise entgegen, indem sie eine Kollision mit dem

Hallendach verhindert. Sie wird aber bei stärkerem Wind die aufwärts gerichteten Kräfte beträchtlich übertreffen bzw. einen etwa vorhandenen Abtrieb noch verstärken und dadurch die Gondeln derartig auf den Boden drücken, daß das Schiff — jedenfalls für Momente — nicht vorwärts zu bringen ist. —

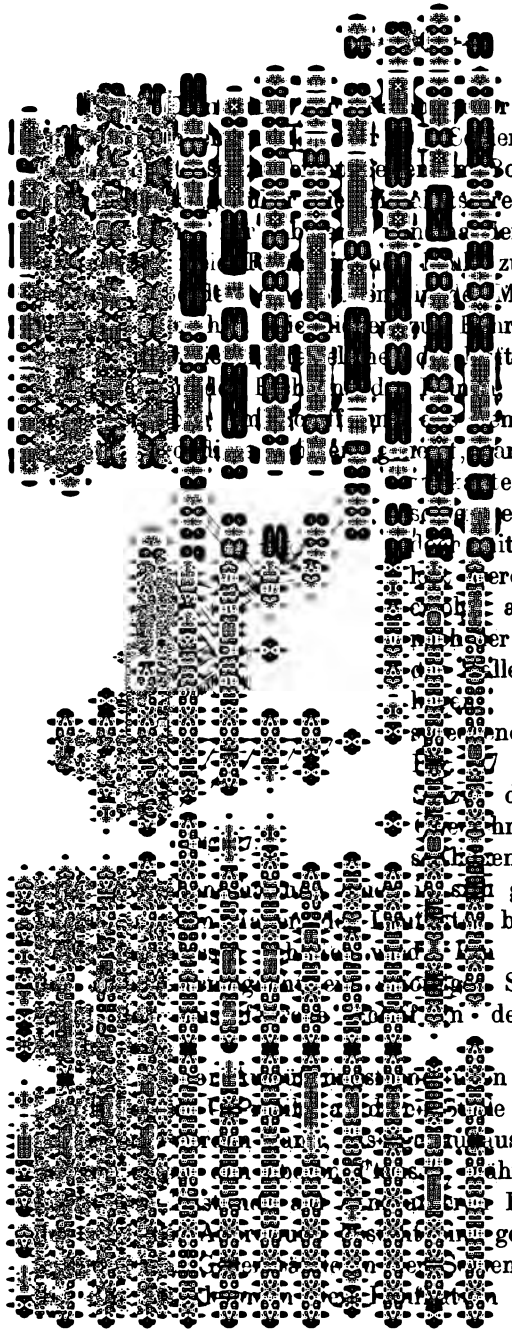
Angenommen, der Winddruck auf den Lateralplan eines Luftschiffes sei bei einer Geschwindigkeit von 5 m per Sekunde zu 3000 kg ermittelt, so müßte an den Halteleinen bei einer Neigung gegen die Horizontale von 30° eine Zugkraft von rd. 3500 kg ausgeübt werden. Dazu wären allein auf der Luvseite schon ca. 100 Mann erforderlich. Bei ganz stetigen Winden wird man sich darauf beschränken können, auf die Leeseite eine erheblich geringere Zahl — vielleicht nur 20 Mann — zu stellen. Sind jedoch Böen zu erwarten, die ihre Richtung wechseln, so muß auch diese Seite mit der gleichen Anzahl von Mannschaften besetzt werden. Die vertikal abwärts gerichtete Kraft V wird im vorliegenden Fall ca. 1750 kg betragen. Kann selbst die Hälfte hiervon durch Ballastabgabe, Gaserwärmung eventuell auch Aussteigen von Mannschaften oder auch durch die aufwärts gerichtete Komponente des Winddruckes auf die Bauchflächen des Schiffes ausgeglichen werden, so bleiben immerhin noch 30 Mann zum Freihalten der Gondeln vom Boden nötig. Gelingt dieses Freihalten, so ist zum Vorwärtsbewegen des Schiffes bei direkt seitlichem Wind nur eine geringe Anzahl von Leuten erforderlich, insbesondere dann, wenn das Manöver durch Eingreifen der Propeller unterstützt wird. Es ist aber zu beachten, daß das Schiff während des Verholens zur Seite gedrückt werden kann. In diesem Falle würden die seitlichen Leinen bei der Art ihrer Anbringung zum Halten in der Richtung voraus wenig beitragen. Es wird daher der sog. Spitzentrupp ausreichend stark zu besetzen sein, um den Frontwiderstand allein aufnehmen zu können, wozu in dem herangezogenen Beispiel unter Berücksichtigung der Richtung der Halteleinen vielleicht noch 15 bis 20 Mann anzusetzen wären.

Hiermit wäre also schon bei 5 m Seitenwind ein Aufgebot von ca. 170 bis 200 Mann erforderlich; bei 10 m würden entsprechend vielleicht mehr als 300 Mann notwendig werden. Die Beschaffung einer derartigen Zahl von Haltemannschaften wird schon beim Militär häufig genug auf Schwierigkeiten stoßen, da die Luftschiffhäfen wegen der vielen besonders gearteten Erforder-

nisse meist weitab von sonstigen Kasernen und Exerzierplätzen liegen. Für private Unternehmen aber hält es noch viel schwerer, zu den Aufstiegszeiten der Schiffe, die bei unsicherem Wetter im voraus schwer zu bestimmen sind und häufig in die frühesten Morgenstunden fallen, und besonders auch für die Landungen eine ausreichende Zahl von Leuten zu bekommen. Dazu wird die eine überwiegende Mehrzahl solcher Hilfsmannschaften aus sachunkundigen Leuten bestehen, denen man bei schwieriger Wetterlage ein Schiff nur ungerne anvertrauen wird. Vor allem aber verbietet die Kostenfrage auf die Dauer ein derartiges Verfahren.

Die Ausdehnung der Luftschiffahrt mußte also notgedrungen dahin führen, daß mechanische Hilfsmittel geschaffen wurden, die es ermöglichten, ein Luftschiff auch unter ungünstigen Windverhältnissen mit einer möglichst geringen Anzahl von Mannschaften zwangläufig in die Halle zu führen. Die Forderung erscheint eigentlich selbstverständlich, wenn man an die Analogie der Seeschiffahrt denkt. Es wird wohl keinem Schiffskapitän einfallen, zum Verholen eines Schiffes in eine schmale Hafeneinfahrt, ein Dock, eine Schleuse oder dergl. bei ungünstigen Wind- und Stromverhältnissen eine Kompagnie Soldaten oder Feuerwehr zu requirieren. Ein solches Manöver erfolgt normalerweise nur mit Hilfe der Schiffsbesatzung und einiger weniger Leute an Land unter ausgiebigster Benutzung der Hilfsmaschinen.

In der Luftschiffahrt sind wir hiervon noch weit entfernt, jedoch sicherlich nicht deshalb, weil man sich die Erfahrungen der Seeschiffahrt nicht zunutze zu machen verstanden hätte. Anfänglich zwar sträubten sich manche »zünftige« Luftschiffer gegen die Anwendung seemännischer Verholeinrichtungen. Seitdem aber im Jahre 1910 die »Deutschland« bei der Ausfahrt aus der Düsseldorfer Halle zugrunde ging, wurde die Frage der Verholeinrichtungen allgemein ernstlich erwogen. (Auf der Luftschiffwerft Mannheim-Rheinau waren Führungsschienen mit Laufkatzen, wie sie später gewiß unabhängig hiervon noch in mannigfaltigster Form neu erfunden und patentiert wurden, schon bei ihrer Anlegung im Jahre 1909 angebracht.) Neben der Flut von Erfindungen, die nun auftauchte, ohne die Frage der Lösung näher zu bringen, entstanden auch brauchbare Entwürfe, die, in die Praxis umgesetzt, schon eine wesentliche Besserung der Verhältnisse geschaffen haben.



richtungen bestehen
enen, welche parallel zur
oden verlegt sind und um
e auf den Landungsplatz
er wird so groß gewählt,
zuläßt. Bei Doppelhallen
Mitte zur Benutzung nach
hrung von Laufkatzen, an
tschiffes befestigt werden.
die sich aus der Befesti-
m Abstand der Schienen
amit die Laufkatzen nicht
tet werden. (Die Mittel-
einer Doppelhalle muß je-
it ihrem Steg vertikal ver-
erden.) Ihre Verankerung
an Betonklötzen, die je
er aufzunehmenden Last in
lle in größeren Abständen
außerhalb jedoch ent-
nd näher zusammenrücken.
zeigt eine schematische
der Laufkatze mit dem
nitt der Laufschienen. Die
en Halteleinen werden nun
geschlossenen Rundeisen-
befestigt, der durch eine
einfaches Niederdrücken
Slippen der Halteleinen,
den Wind eingeschwenkt

n die seitlichen Rollen der
e auch ein Doppel-T-Profil
us und legen sich bei Be-
ährend ihr Gewicht in un-
Flansch ruht. Zumal bei
gewisse Gefahr darin, daß
ene liegen bleiben können,
herbeiführen. Geschieht

das häufig im Lauf-
len ein Bruch der
m Schiffskörper und
des Schiffes unver-
en, indem statt der
n, auf deren oberem
. Selbstredend ver-
Abstützung in kür-
Schienen zwischen
ei die einzelnen Be-
tt dessen wohl auch
ung gelangt.

außerdem den nicht
e Schienen ca. 50 cm
n für den Verkehr in
ften auf dem Platze,
sehr störendes Hin-
swechselbare Stücke
schließen an die Seite
erschweren sie selbst
hiffe ganz beträcht-
h die schräg abwärts
medies auf den Boden

ch, daß die Schienen
Ausführung sind sie

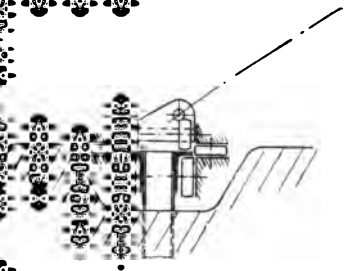
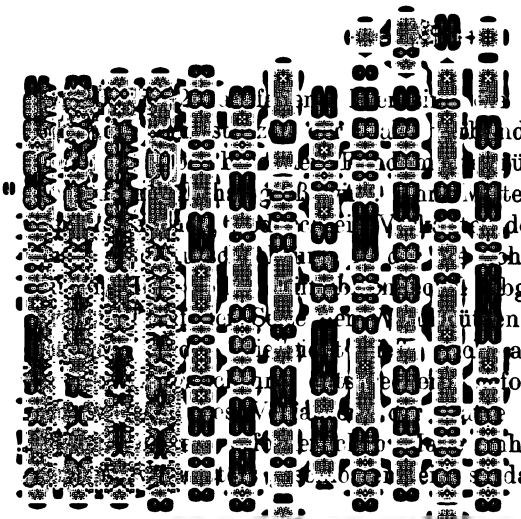
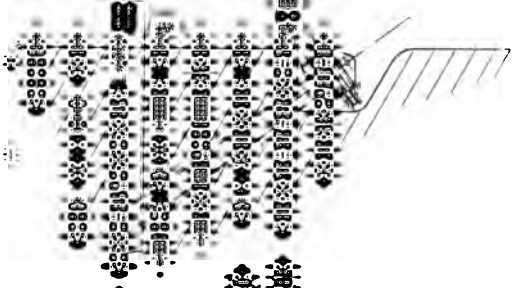


Fig. 28.

schienen groß genug
n störenden Hinder-
fte eine Anordnung



Führungsschienen gleich
den, so daß sich im Be-
übrigen und der Schienen-
telachse liegt in Richtung
der Laufkatzen vermieden
hienen verlegt sind, kann
bgedeckt werden, welche
n mit Scharnieren zu be-
an den Laufkatzen ein
formter Bügel anbringen,
selbsttätig die einzelnen
hebt. Sie könnten dann
daß der Verkehr in keiner



von Sand oder Steinen in

ehend beschriebenen Aus-
nd Ausbringen der Schiffe
eit entfernt, alle Schwierig-
r Linie deswegen, weil die
ie lichte Breite der Halle
en Abstand der Schienen
größten lichten Breite der
ferner den Druckmittel-
über dem Boden bei einem
ot sich immer noch eine
ngemäß müßte, um einen
nehmen, durch die Halte-
die Schienen übertragen

werden, was wiederum eine Vertikalkraft von 4300 kg zur Folge hat. Das Unrationelle dieser Anordnung liegt auf der Hand. Man muß offenbar dahin streben, die Halteleinen mehr der horizontalen Richtung zu nähern, um den Seitendruck günstiger aufzunehmen. Bei den Z.-Schiffen werden sie daher nicht in der horizontalen Schwerachse des Lateralplanes, sondern unterhalb des Schiffskörpers angebracht, wo der starke Dreikantlaufsteg eine solide Befestigung ermöglicht. Man nimmt also lieber die daraus resultierenden Schlingerbewegungen in Kauf. (Vgl. Fig. 26.)

Eine andere Anordnung ist in Fig. 30 veranschaulicht: die Schienen erhalten außerhalb der Halle einen wesentlich größeren Abstand; in der Halle dagegen werden sie an den Wandstützen

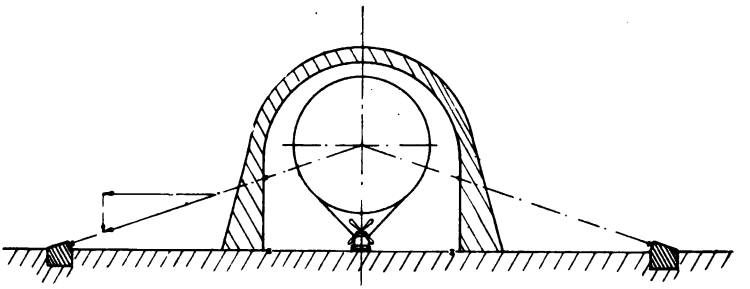


Fig. 30.

befestigt, und zwar in solcher Höhe, daß die Richtung der Halteleinen dieselbe bleibt wie draußen. Erreichen nun beim Einfahren des Schiffes die vorderen nach den äußeren Schienen führenden Halteleinen den Torbinder, so werden auf jeder Seite entsprechend kürzere Halteleinen an den Katzen der in der Halle verlaufenden Schienen befestigt und danach die äußeren Leinen geslippt. Ein Umstecken der hinteren Leinen wird meistens nicht mehr erforderlich sein, da das Schiff, nachdem es bis zu ihrem Angriffspunkt eingefahren ist, unschwer durch eine Anzahl Leute von Hand gehalten werden kann. — Das Auswechseln der Leinen bedingt natürlich eine Verzögerung, die mancherseits als bedenklicher Nachteil dieses Verfahrens ausgelegt werden wird. Es kann jedoch mit einigermaßen gewandten Leuten in einem Bruchteil einer Minute ausgeführt werden, und zwar ohne jede Gefahr für ein Ausweichen des Schiffes. Da die Halteleinen in der

Schwerachse des Lateralplanes angreifen, kommen jegliche Stampfbewegungen, wie durch die Praxis bewiesen, in Fortfall. Ihre günstigere Richtung hat ferner zur Folge, daß die zu übertragende Zugkraft von 5200 auf ca. 3500, die Vertikalkraft von 4300 auf 1900 kg reduziert wird. Der Winddruck wird also relativ günstig unter nur geringem Mehraufwand an Kraft aufgenommen.

Trotz allem verbleibt auch hier eine immerhin recht beträchtliche Vertikalkraft, deren Überwindung noch ca. 40 bis 50 Mann erfordert, falls das Schiff nicht in anderer Weise entlastet wird. Eine solche Entlastung ist aber in den weiten Grenzen, die sich für die verschiedenen Windgeschwindigkeiten ergeben, praktisch nicht möglich. Denn erstens gilt es als Grundsatz, daß die vollzählige Besatzung des Schiffes während des Verholmanövers an Bord zu sein hat; andererseits wird ein ausfahrendes Schiff seinen für die Fahrt bestimmten Ballast, der übrigens normalerweise 1000 bis 1500 kg gar nicht überschreitet, nicht ausgeben wollen, während ein einkommendes Schiff nach erfolgter Landung im allgemeinen nicht mehr über so große Ballastmengen verfügen wird. Insbesondere aber würde sich diese Entlastung sehr nachteilig bemerkbar machen und durch Ballastaufnahme wieder ausgeglichen werden müssen, sobald nach erfolgtem Einfahren bzw. Einschwenken des Schiffes mit dem seitlichen Winddruck auch die Vertikalkraft in Wegfall kommt.

Man muß also die Vertikalkraft in anderer Weise aufnehmen, und zwar läßt sich dies dadurch erreichen, daß die Gondeln auf Wagen gesetzt werden, die in demselben Bereich wie die Laufkatzen in der Längsmitte der Halle auf Schienen verfahren werden können. Die Wagen sind so niedrig wie möglich zu halten und mit geeigneten Sliphaken auszurüsten, die ein rasches und zuverlässiges Befestigen, aber auch ein schnelles Lösen der Gondeln ermöglichen, in ähnlicher Weise wie die »Momenthaken« an den seitlichen Laufkatzen. Die Befestigung hat in der Weise zu erfolgen, daß eine gewisse Beweglichkeit des Schiffes zugelassen wird, ohne daß Deformationen an der Gondel zu befürchten sind. Vor allen Dingen muß es möglich sein, das Schiff, solange es noch im Winde liegt, also in beliebiger Richtung zur Fahrbahn, mit der vorderen Gondel an dem entsprechenden Wagen zu befestigen. Dann ist mit Hilfe des von den seitlichen Laufkatzen nach dem

Hinterschiff zu scherenden Flaschenzuges, eines sog. doppelten Jollentaues, das Heckgegen den Wind aufzuholen, bis auch die hintere Gondel auf dem zweiten Wagen aufgesetzt werden kann (Fig. 31). Damit dieser von vornherein am richtigen Platze steht und nicht noch separat verfahren werden muß, wird es zweckmäßig sein, ihn mit dem ersten Wagen zu kuppeln, und zwar in einem Abstand gleich der Entfernung der beiden in Frage kommenden Gondeln. Gestattet es die lichte Breite der Halle, das Schiff zu Beginn des Einfahrens noch in einem gewissen Winkel zur Fahrbahn zu belassen, so erfolgt das Aufholen des Hinterschiffes und das Aufsetzen auf den zweiten Wagen erst im Verlauf des ganzen Manövers, wodurch dem Winde weniger Fläche geboten, und somit

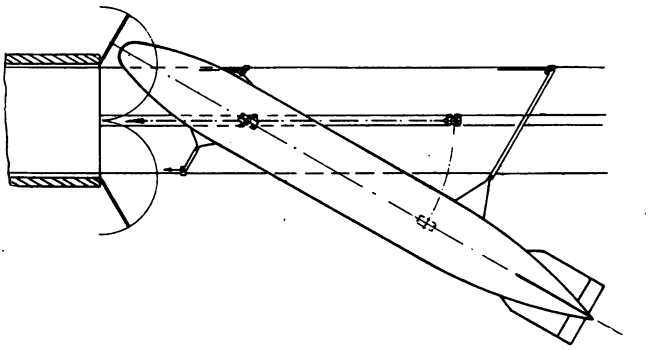


Fig. 31.

das Verholen erleichtert wird. Die auf der Leeseite befindlichen Halteleinen werden stets soweit mit angeholt, daß keine Lose darin bleibt, damit das Schiff bei umspringenden Winden auch nach der anderen Seite hin gehalten ist. Das Einschwenken wird am sichersten erfolgen, wenn die Wagen eine horizontal drehbare Plattform erhalten, auf denen die Gondeln stehen.

Eine Einrichtung in dieser Kombination ist, soweit bekannt, noch nicht zur Ausführung gelangt. Allerdings wurde beim Ein- und Ausfahren des im Jahre 1910 zerstörten Luftschiffes »Erbslöh« in der Halle in Leichlingen ein durch Sandsäcke beschwerter, auf Schmalspurschienen verfahrbarer Wagen benutzt, auf dem die Gondeln festgeschnallt wurden. Die Methode soll sich hierbei für das kleine Schiff bewährt haben. Es ist dabei jedoch zu bedenken,

daß die wenigen Fahrten des »Erbslöh« zu einer Anwendung bei ungünstigen Windverhältnissen wohl kaum Gelegenheit geboten haben und ein abschließendes Urteil daher nicht zulassen. Ein Wagen bietet wohl eine ausgezeichnete senkrechte Führung, aber gegen seitlichen Wind kommt er erst zur Wirkung, wenn der Schiffskörper sich schon beträchtlich auf die Seite neigt. Die Beanspruchung, die hierbei auf die Takelage bzw. auf etwaige besondere Halteleinen kommt, kann den doppelten und dreifachen Wert des seitlichen Winddrucks erreichen. Eine besondere seitliche Führung ist also auch bei Verwendung solcher Wagen nicht zu entbehren.

Es liegt hierin einer der Fehler, die der großen Mehrzahl der nach jeder Havarie eines Luftschiffes in Unmengen auftauchenden Erfindungen von sog. Sicherheitstransportbahnen o. dgl. mehr anhaften. Meistens bestehen diese Erfindungen aus einer mehr oder minder komplizierten Ausführung von Laufkatzen, von denen aus Halteleinen nahezu senkrecht zum Schiffskörper hinaufführen. In einigen Fällen laufen die Katzen nicht auf Transportbahnen, sondern auf Drahtseilen, welche am einen Ende in der Halle an der geschlossenen Giebelwand, am anderen Ende ca. 150 m außerhalb der Halle auf dem Landungsplatze verankert werden. Man denke nur daran, daß die Seile eine Länge von 300 m erhalten müßten. Ist hierbei ein Durchhang von 2 m zugelassen, so würde eine durch die Laufkatze auf halber Länge ausgeübte Zugkraft von 2000 kg schon eine Seilspannung von über 100 000 kg zur Folge haben. Bei stärkerem Winddruck wächst diese Ziffer ganz enorm, so daß sich praktisch gar nicht einzuhaltende Seildurchmesser ergeben würden. Dazu ist die Führung bei dem großen Spielraum, den sie gestattet, ganz unzureichend. — Eine weitere Erfindung läuft darauf hinaus, einen an Stelle der Laufkatzen an den Seilen geführten Eisenrahmen noch mit einer Unzahl von Gewichten zu beschweren, »um die Windstöße elastisch auf das Schiff zu übertragen«. Wenn also die Windstöße aussetzen oder das Schiff im Wind liegt, müßten die Haltemannschaften dazu aufgeboten werden, auch noch diesen schweren Mechanismus in die Halle zu tragen. — Ferner verfolgen zahlreiche Erfindungen den Zweck, die Luftschiffe mittels maschineller Einrichtungen der verschiedensten Art in ihrer Längsrichtung vorwärts zu bewegen und in die Halle hineinzuziehen. Demgegenüber sei be-

tont, daß derartige Einrichtungen längst existieren und ausprobiert worden sind, daß man aber von ihrer Verwendung meistens wieder abgekommen ist, sei es, daß sie sich als überflüssig erwiesen haben, oder daß sie den verschiedenen Anforderungen gegenüber nicht genügend anpassungsfähig waren.

Eine Unterstützung des Verholmanövers wird in der Praxis vielfach dadurch angestrebt, daß das Ein- und Ausfahren im Laufschritt erfolgt. Tatsächlich wird dem Schiff hierdurch eine lebendige Kraft erteilt, welche bei dem Fehlen einer seitlichen Führung zur Folge haben würde, daß das Luftschiff vom Winde nicht direkt seitlich abgetrieben wird, sondern nach einer Resultierenden, welche sich aus der Vorwärtsbewegung und der Abtrift ergibt. Auch kann jeder Träger, wie ihn das durch Seile gehaltene Schiffsgerippe darstellt, eine Überlastung um so leichter ertragen, je kürzer die Beanspruchungsdauer ist. Man übersehe jedoch nicht, daß das Schiff nur wenige Meter seitlichen Spielraum hat, während es um volle Schiffslänge, also rd. 150 m, vorausgefahren werden muß. Bei ungleichmäßigem Holen der Mannschaften kann ferner ein seitliches Pendeln des Schiffskörpers eintreten, das die Gefahr einer Kollision vorstehender Teile, wie z. B. der Steuerapparate mit den Hallenbindern, nur noch erhöht. Sind Schienenführungen vorhanden, so ist bei dem Verholen im Laufschritt ein exaktes Funktionieren der Laufkatzen von besonderer Wichtigkeit. Jedenfalls dürfte ein Verholen in ruhigem Tempo vorzuziehen sein, wenn man sich auf die Festigkeit des Schiffskörpers und der Verholeinrichtung mit allen Halteleinen und sonstigen Befestigungsteilen unbedingt verlassen kann.

Die bisherigen Erörterungen über die Kräfte, welche auf das ein- und ausfahrende Schiff wirken, sowie über die Zweckmäßigkeit mechanischer Hilfsmittel zur Aufnahme dieser Kräfte lassen sich kurz in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Das Verholen des Schiffes in Richtung des Windes bietet keine Schwierigkeiten; selbst bei Geschwindigkeiten von 20 m pro Sek. läßt sich das Ein- und Ausfahren allein durch Haltemannschaften eventuell unter Zuhilfenahme der Maschinenanlage des Schiffes bewerkstelligen. Maschinelle Einrichtungen, die sich in Form von elektrisch angetriebenen Spills oder Winden ohne Schwierigkeit anordnen lassen und mehrfach ausgeführt

sind, können daher entbehrt werden. Sie ermöglichen zweifellos eine Ersparnis an Haltemannschaften, die jedoch nicht sehr ins Gewicht fällt, da schon zum Transportieren des Schiffes auf dem Landungsplatz ausreichende Mannschaften zur Überwindung des Frontwiderstandes nötig sind.

2. Die Schwierigkeit des Ein- und Ausfahrens liegt allein in der Überwindung des seitlichen Winddrucks, und zwar aus zwei Gründen:

a) der Winddruck erreicht schon bei geringen Geschwindigkeiten infolge der Größe des Lateralplanes ganz beträchtliche Werte, so daß zu seiner Überwindung eine unverhältnismäßig hohe Anzahl von Haltemannschaften erforderlich wird;

b) der Angriffspunkt des seitlichen Winddrucks liegt ca. 10 bis 12 m über dem Boden.

Da in dieser Höhe außerhalb der Halle ohne komplizierte und kostspielige Vorrichtungen, die eventuell selbst wieder eine Gefahr für das Schiff bieten können, Widerlager nicht zu schaffen sind, so müssen die Halteleinen schräg abwärts am Boden befestigt, bzw. an Laufschienen geführt werden. Dadurch ergeben sich erstens Spannungen in den Halteleinen, welche je nach dem Neigungswinkel derselben den seitlichen Winddruck noch um ein beträchtliches Maß überschreiten, zweitens vertikal abwärts gerichtete Kräfte, welche das Luftschiff auf den Boden drücken und durch die entstehende Bodenreibung die Vorwärtsbewegung behindern.

Läßt man die Halteleinen tiefer angreifen, so wird wohl die Vertikalkraft geringer, aber es ergibt sich ein Kräftepaar aus Winddruck und Eigengewicht, welches Schlingerbewegungen des Schiffes zur Folge hat.

(Das gleiche gilt selbstverständlich vom Angriffspunkt des Winddrucks in Fahrtrichtung. Jedoch ist es hier von geringerer Bedeutung, da einmal der Winddruck bedeutend kleiner ausfällt und ferner nichts im Wege steht, die Halteleinen möglichst schräg nach vorne auszuspannen, so daß die vertikale Komponente in mäßigen Grenzen bleibt.)

Aus den vorausgegangenen Erörterungen folgern wir:

Ein Luftschiffhafen mit feststehender Halle, bei dem mit dem Auftreten seitlicher Winde zu rechnen ist, ist zweck-

mäßig mit mechanischen Hilfsmitteln zur Aufnahme des seitlichen Winddrucks auszurüsten. Werden hierfür Transportbahnen benutzt, wie sie praktisch schon vielfach gebaut und erprobt sind, so sind die beiden parallel nebeneinander herlaufenden Schienen in möglichst großen Abständen voneinander, bzw. derart zu verlegen, daß die von den Laufkatzen nach dem Schiff führenden Halteleinen einen möglichst geringen Winkel mit der Horizontalen bilden. Um ferner den seitlichen Winddruck auf das geringstmögliche Maß herabzudrücken, müssen diese Verholeinrichtungen soviel Bewegungsfreiheit gestatten, daß das ein- und ausfahrende Luftschiff, soweit es das lichte Hallenprofil zuläßt, in die Windrichtung eingestellt werden kann.

Die aus dem Zug der Halteleinen resultierende, vertikal abwärts gerichtete Kraft wird am günstigsten durch Aufsetzen der Gondeln auf Wagen aufgenommen, welche in der Hallenmitte, bzw. in ihrer Verlängerung auf Schienen laufen. Dadurch wird die Bodenreibung in die leicht zu überwindende rollende Reibung übergeleitet.

3. Vertikal aufwärts wirken in einzelnen Fällen Auftriebsschwankungen und Windstöße. Diesen Kräften wirkt die im vorhergehenden Absatz erwähnte Vertikalkraft entgegen. Eine weitere Sicherung läßt sich leicht schaffen durch entsprechende Befestigung der Gondeln, durch senkrechte Führung an Laufschienen mit Laufkatzen oder am besten dadurch, daß die Gondeln zugsicher auf obengenannten Wagen befestigt werden. Die Wagen sind durch Ballast zu beschweren, falls das Eigengewicht der Konstruktion nicht ausreicht.

Eine unter Beobachtung dieser Grundsätze entworfene Verholeinrichtung ließe sich nun ohne Schwierigkeiten für Beanspruchungen dimensionieren, wie sie bei den stärksten in Frage kommenden Winden von vielleicht 25 m pro Sek. auftreten können. Das Problem des Ein- und Ausfahrens wäre damit aber keineswegs gelöst; denn die Anwendbarkeit findet ihre Grenze in der Festigkeit der Luftschiffe selbst, und diese Grenze ist, was von vielen Erfindern derartiger Einrichtungen oft verkannt wird, relativ sehr eng gezogen.

Dem Luftschiffbauer ist als wichtigste Konstruktionsbedingung die Erreichung einer möglichst großen Nutzlast vorgeschrieben,

um einmal das Gewicht einer starken Maschinenanlage tragen zu können zur Erzielung einer möglichst hohen Geschwindigkeit, und ferner um möglichst große Vorräte an Betriebsstoffen, sowie an Sprengstoffen, Waffen und Munition bei Militärluftschiffen oder eine große Anzahl von Passagieren bei Privatluftschiffen mitnehmen zu können. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, das sog. »tote Gewicht« für das Gerippe, die Gondeln, Hüllen, Steueranlage usw. so gering wie möglich zu halten. Soweit diese Gewichtsreduktion durch eine Verbesserung oder durch eine günstigere Ausnutzung des Materials erreicht wird, bedeutet sie stets einen erfreulichen Fortschritt. Erfolgt sie aber auf Kosten der inneren Festigkeit des Systems, insbesondere des Gerippes und der Gondeln, so muß an der richtigen Grenze Halt gemacht werden. Wo ist nun diese Grenze zu suchen?

Als selbstverständlich gilt allgemein die Forderung, daß ein Luftschiff stark genug sein muß, um allen in der Luft auftretenden Beanspruchungen mit Sicherheit zu widerstehen. Die Beanspruchungen aber, denen ein Schiff ausgesetzt ist, wenn es vor Anker liegt, oder wenn es bei ungünstigen Windverhältnissen ein- und ausgefahren wird, sind wesentlich anders geartet und verlangen daher bei der Konstruktion besondere Berücksichtigung. Die Unfälle, die den Luftschiffen vor Anker und beim Verholen schon zugestoßen sind, und die in zahlreichen Fällen zur völligen Vernichtung führten, zeigen, daß dieser Frage nicht immer die ihrer Bedeutung entsprechende Beachtung geschenkt wurde. Auch die Militärbehörde beschränkt sich bei den Abnahmefahrten auf genaue Ermittelung der greifbarsten Werte: Nutzlast, Geschwindigkeit, Steighöhe; vielleicht läßt sie noch eine Verankerung auf freiem Felde vorführen. Jedoch verlautete nie etwas von der bei der großen Anzahl bestehender fester Luftschiffhallen gewiß nicht unberechtigten Forderung, eine bestimmte Festigkeit des Schiffskörpers gegen seitlichen Winddruck nachzuweisen, sei es durch Rechnung oder durch Vorführung des Einfahrens bei stärkerem Seitenwind. Daß hier bei manchen Luftschifftypen ein schwacher Punkt vorliegt, kann kein einsichtiger Beurteiler bestreiten.

Eine exakte Ermittelung der zulässigen Beanspruchung, welcher ein an den vorderen und hinteren seitlichen Halteleinen quer zur Windrichtung gehaltenes bzw. an den Laufkatzen festgelegtes Luftschiff ausgesetzt werden darf, ist — wenn überhaupt —

natürlich nur auf Grund genauester Kenntnis der Stärke, Verteilung und Qualität des Baumaterials möglich. Diese Angaben stehen dem Luftschiffführer, bzw. dem Offizier oder Beamten, der das Ein- und Ausfahren zu leiten hat, im allgemeinen wohl nie zur Verfügung. Man kann aber, um ein ungefähres Bild zu bekommen, die tatsächliche Belastung des Schiffskörpers in der Vertikalen in Vergleich ziehen. Fig. 32a zeigt schematisch die Längsansicht eines Starr-

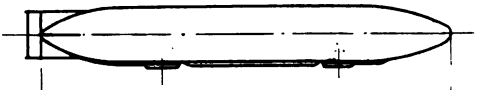


Fig. 32a.

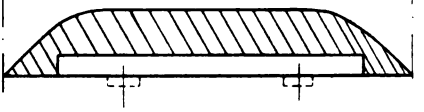


Fig. 32b.

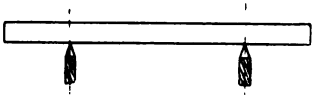


Fig. 32c.

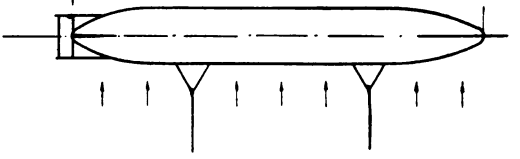


Fig. 32d.

luftschiffes; Fig. 32b veranschaulicht durch die ganze umrandete Fläche die Verteilung des Auftriebes der Wasserstoffüllung; die Ordinaten ergeben sich durch Multiplikation des Auftriebs pro cbm mit dem Querschnitt der Gaszellen an den verschiedenen Stellen. Die schraffierten Flächen stellen die Auftriebsmenge dar, die zum Tragen der mehr oder minder gleichmäßig verteilten Lasten: Gerippe, Gashüllen, Betriebsstoffe, Steuer usw. aufzuwenden ist. Der verbleibende Rest dient zum Heben der zwei Gondeln mit den Motoren, Besatzung usw. Das Gewicht der-

selben werde auf 2500 kg pro Gondel veranschlagt. Der Auftrieb muß also entsprechend 5000 kg betragen, wenn das Schiff im Gleichgewicht sein soll, und möge auf eine Länge von 125 m gleichmäßig verteilt sein. Die hieraus sich ergebende Belastung entspricht der Auflagerung eines Balkens auf zwei Stützen derart, daß beide Enden »überkragen« (Fig. 32 c). Im günstigsten Falle, wenn nämlich der Abstand der Gondeln $l_2 = 0{,}586\, l_1$ ist (l_1 = Länge des Balkens bzw. im vorliegenden Fall Länge des die Gondel tragenden Schiffsteiles) beträgt das maximale Biegemoment:

$$M_{\max.} = \frac{P \cdot l_1}{47} = 13\,300 \text{ mkg}^1).$$

Das tatsächliche Biegemoment in der senkrechten Ebene dürfte noch größer ausfallen, als hier berechnet, da z. B. das Heck des Schiffes nicht, wie angenommen, von dem zugehörigen Gasquantum getragen wird, sondern den Auftrieb infolge der schweren Steueranlage überwiegt. Andererseits ist allerdings das Gewicht jeder Gondel in einem Punkte konzentriert angenommen, während es tatsächlich günstiger auf eine größere Länge verteilt ist. — Dieses Biegemoment wird aufgenommen durch ein entsprechend großes Widerstandsmoment des Gerippequerschnitts bezogen auf die horizontale Achse $= W_s$; in dieser Richtung ist z. B. der Querschnitt eines Z.-Schiffes durch verstärkte Träger oben und durch den dreieckigen Kiel unten sehr stabil ausgebildet. In bezug auf die senkrechte Achse ist der Querschnitt jedoch ungünstiger, da diese Verstärkungen fehlen; dementsprechend fällt auch das horizontale Widerstandsmoment W_h kleiner aus. Soll die zulässige spezifische Beanspruchung des Baumaterials nicht überschritten werden, so darf auch das horizontale Biegemoment M_h nicht den Wert von M_s erreichen. Nimmt man im vorliegenden Falle ein $M_h = 10\,000$ mkg als zulässig an, so ergibt sich aus der Beziehung: $M_h = \frac{P_w \cdot l_3}{47}$ der maximale seitliche Winddruck, dem das Luftschiff ausgesetzt sein darf, zu $P_w = M_h \cdot 47 : l_3 = 3350$ kg, wobei $l_3 = 144$ m die Länge des Lateralplanes bedeutet. Hierbei ist vorausgesetzt, daß der Winddruck sich gleichmäßig auf die ganze

[1]) Die hier gegebenen Zahlen dienen nur zur Erläuterung des Rechnungsganges; für jeden konkreten Fall sind natürlich exakte Werte einzusetzen.

Länge verteilt und daß der Abstand der beiden seitlichen Halteleinen in günstigster Anordnung zu 0,586 l_3 = ca. 85 m gewählt ist. Die Halteleinen greifen analog dem Gondelgewicht nicht an einem Punkte an, sondern verzweigen sich auf mehrere, so daß dieses die tatsächlichen Verhältnisse günstiger gestaltende Moment durch den Vergleich ausscheidet. (Fig. 32 d.)

Auf S. 55 war der auf den Lateralplan entfallende Winddruck unter der Voraussetzung, daß der Widerstandskoeffizient bei Seitenwind anderthalbmal so groß anzusetzen sei wie beim Frontwiderstand, für ein Z.-Schiff bei 5 m Wind zu 2860 kg, bei 10 m zu 10650 kg ermittelt. Treffen diese Zahlen einigermaßen zu, so entspräche dem eben errechneten seitlichen Winddruck von 3350 kg eine höchstzulässige Windgeschwindigkeit von etwa 5½ m pro Sekunde, wenn man hier dieselbe Sicherheit fordert, wie bei der Aufnahme der normalen Gondelbelastung. Tatsächlich dürfte dies auch ungefähr die Grenze sein, bei der man die Ausfahrt mit einem Z.-Schiff riskiert. Die Einfahrt wird sich auch noch bei einem stärkeren Wind erzwingen lassen; denn der ermittelte Winddruck stellt ja eine zulässige Belastung dar, bei der vielleicht noch eine vierfache Sicherheit vorhanden sein mag. Auch gestalten sich die Verhältnisse sofort günstiger, wenn der Wind nicht senkrecht zur Schiffsrichtung steht, wie hier angenommen, sondern in einem kleineren Winkel dazu, also auch dann, wenn bei einem Wind quer zur Halle das lichte Profil derselben — wie z. B. bei einer Doppelhalle — eine Schrägstellung des Schiffes wenigstens solange gestattet, bis ein Teil des Lateralplanes der Einwirkung des Windes entzogen ist.

Die an sich naheliegende Lösung, die Beanspruchung des Schiffes dadurch zu reduzieren, daß man nicht nur an zwei, sondern an mehreren Stellen seitliche Halteleinen anbringt, muß fallen gelassen werden, wenn man sich vergegenwärtigt, daß es praktisch nicht möglich sein wird, mehrere Leinen gleichmäßig zum Tragen zu bringen. Wird (Fig. 33) die Leine *a* stärker angeholt als *b*, so liegt derselbe Belastungsfall vor, mit dem oben gerechnet wurde, vorausgesetzt, daß der Abstand der äußeren Leinen *a* bis *c* derselbe geblieben ist; ist er größer gewählt, so würde die Beanspruchung größer ausfallen. Wird aber *b* stärker angeholt, so daß *a* nicht mitträgt, so ergibt sich ein b e d e u t e n d größeres Biege-

moment als im vorhergehenden Falle: nämlich angenähert $\frac{P_w}{2} \cdot \frac{l}{4} = 60\,000$ mkg. Ähnliche Fälle können sehr häufig praktische Bedeutung erlangen: soll z. B. ein Schiff mit dem Heck gegen den Wind aufgeholt werden, so könnte man das Manöver dadurch unterstützen, daß außer den beiden eigentlichen seitlichen Halteleinen noch eine dritte am Hinterschiff befestigt wird, wo der Wind die größte Angriffsfläche findet und damit auch den größten Druck ausübt. Keinesfalls darf aber dieses Seil so stark besetzt werden, daß die zunächstliegende zweite Leine entlastet wird; denn dadurch könnte das Biegemoment ganz enorm wachsen und das Schiff Gefahr laufen, in der Mitte durchzubrechen. Diese

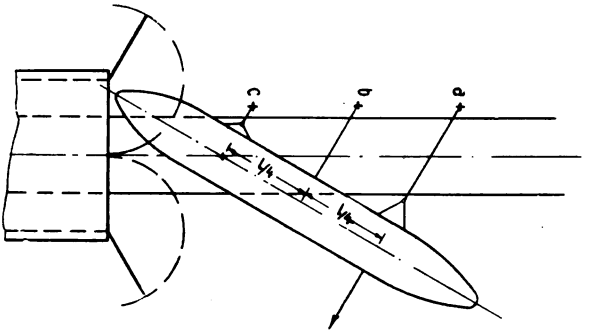


Fig. 33.

Gefahr ist im allgemeinen bei Benutzung maschineller Einrichtungen größer als wenn nur Mannschaften zum Halten benutzt werden. Aber auch hier kommt es sehr auf die richtige Verteilung der Leute an.

Ziehen wir nun noch ein Pralluftschiff größerer Abmessungen in Betracht, so ist zunächst zu konstatieren, daß der innere Überdruck eine streckende Zugkraft zur Folge hat, die einer Durchbiegung in horizontaler Richtung den gleichen Widerstand entgegensetzt wie in vertikaler; bei gleicher Stoffverteilung wird also auch das Widerstandsmoment in beiden Richtungen gleich sein. Um nun das Biegemoment in zulässigen Grenzen zu halten, muß die Last der Gondeln, wie jedes Bild eines Pralluftschiffes zeigt, durch eine umfangreiche Takelage oder Stoffbahnaufhängung, durch langgestreckte Gitterträger oder entsprechende Gondelkonstruktion auf eine möglichst große Länge der Hülle übertragen

werden. Da ähnliche Mittel zur Übertragung der aus dem seitlichen Winddruck resultierenden Zugkräfte der Halteleinen auch nicht annähernd zur Verfügung stehen, ist zu folgern, daß die Pralluftschiffe gegen Seitenwind noch viel weniger widerstandsfähig sind als die Starrluftschiffe. Es ist daher wohl auch kein reiner Zufall, daß für das erste große Pralluftschiff, welches noch dazu zur Erzielung einer größeren Geschwindigkeit einen geringen Durchmesser im Verhältnis zur Länge besaß, die erste drehbare Halle gebaut wurde, bei welcher ein Verholen bei Seitenwind nicht in Frage kommt.

Diese Betrachtungen gestatten zwar mangels exakter Unterlagen, die doch für jeden Schiffstyp gesondert gegeben werden müßten, deren Veröffentlichung aber nicht im Interesse der Luftschiffwerften liegt, keine präzise Festlegung derjenigen Windgeschwindigkeit, bei der ein Verholen quer zum Winde riskiert werden darf. Man kann aber doch daraus schließen, daß auch bei Anwendung von Führungsschienen bei ca. 10 m Wind die Grenze für das Ein- und Ausfahren der meisten heutigen Luftschiffe erreicht ist.

Aus diesem Grunde können auch alle Vorschläge für Bergungseinrichtungen bzw. Hallenausführungen keinen vollen Erfolg bringen, welche zur Voraussetzung haben, daß das Schiff mit Halteleinen gegen den Seitenwind aufgeholt wird. Hierher gehören insbesondere auch alle Konstruktionen fester Hallen mit aufklappbaren Dächern und Seitenwänden, soweit sie nicht mit einer drehbaren Plattform ausgerüstet sind.

Es entsteht nun die Frage, auf welche Weise ein Ein- und Ausfahren auch bei stärkerem Wind ermöglicht werden kann. Offenbar ist dies, da einer Erhöhung der Schiffskörperfestigkeit, wie erwähnt, wegen der Gewichtsfrage Grenzen gesetzt sind, nur durch Verringerung oder Ausschaltung des seitlichen Winddrucks möglich. Eine Verringerung des seitlichen Winddrucks läßt sich erzielen durch Ausnutzung eines natürlichen oder künstlichen Windschutzes, eine Ausschaltung dadurch, daß die Halle selbst oder eine als Zwischenglied dienende Bergungseinrichtung drehbar ausgeführt wird, so daß sie sich in die jeweilige Windrichtung einstellen läßt. Der erste Weg ist der billigere, der zweite der radikalere.

Ein natürlicher Windschutz kann dadurch geboten werden, daß die Halle in einer Talsenkung errichtet wird. Die Längsachse wird hierbei stets in die Talrichtung zu legen sein, so daß stärkere Seitenwinde nicht aufkommen können. Es ist dies einer der Fälle, in denen von der Errichtung einer drehbaren Halle eventuell wird Abstand genommen werden können. Er wird jedoch nur vereinzelt vorkommen, da ein Gelände dieser Art nur selten zu finden sein wird, wenn es auch all den in früheren Kapiteln erörterten Anforderungen entsprechen soll. Häufiger dagegen dürfte sich Gelegenheit bieten, ein Gelände zu finden, das gegen die vorherrschenden Winde durch einen Waldbestand geschützt ist. Hierbei wird eine feste Halle, die nur eine Ausfahrt besitzt, zweckmäßig auf ihrer ganzen Länge in den Wald hineingeschoben derart, daß der Torbinder mit dem Waldrand abschneidet. (Vgl. Plan des Potsdamer Luftschiffhafens, Fig. 34.)

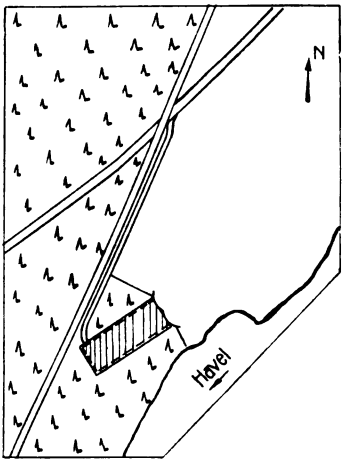


Fig. 34.

Wo ein solcher natürlicher Windschutz nicht vorhanden ist, hat man versucht, ihn durch Errichtung von Schutzwänden zu schaffen. Die Katastrophe der »Deutschland 2« in Düsseldorf im Mai 1911, die auf das Vorhandensein einer solchen Schutzwand zurückgeführt wird, hat bewiesen, daß diese Lösung verfehlt ist. Der Luftstrom wird bis nahe vor der Schutzwand dieselbe Geschwindigkeit beibehalten wie wenn sie nicht vorhanden wäre. An der Wand tritt nun ein Aufstauen ein, und da ein anderer Ausweg nicht bleibt, erfolgt eine Ablenkung nach oben, wo der Luftstrom die Oberkante der Schutzwand mit erhöhter Geschwindigkeit passiert. Ein an der Luvseite liegendes Schiff wird also von dem darunter sich aufstauenden Luftstrom zunächst emporgehoben und dann mit dem Abfließen desselben seitwärts gedrückt, während gleichzeitig die hebende Kraft fortfällt. — Um sich klar zu machen, daß auch hinter einer solchen Wand keine ruhige Luft herrscht, braucht man nur die starken Wirbel-

bildungen zu beobachten, die sich hinter jedem im fließenden Wasser stehenden Wehr, Brückenpfeiler oder sonstigen Hindernis ausbilden. Auch eine einzelne durchbrochene Wand, wie sie zur Vermeidung der Wirbelbildungen auf der Leeseite schon vorgeschlagen wurde, wird eine wirksame Reduktion der Windgeschwindigkeit kaum herbeizuführen vermögen.

Anders dagegen ist die Wirkung eines vorgelagerten Waldes. Schon auf seiner ganzen Ausdehnung tritt hier in einer Höhe von vielleicht 25 bis 40 m eine Verzögerung der Windgeschwindigkeit ein, die erst mehrere hundert Meter hinter dem Wald wieder verschwindet. Die Wirbelbildung aber wird nicht in dem Maße auftreten wie hinter einer geschlossenen Wand, da bei nicht zu dichten Beständen ein schwächerer Luftstrom immer, zumal am Rande, den Wald durchstreichen und so dem Entstehen von Räumen geringeren Luftdrucks vorbeugen kann.

Erscheint auch ein solcher Windschutz nicht als ausreichend oder steht ein entsprechendes Terrain nicht zur Verfügung, so muß, um ein Ein- und Ausfahren auch bei stärkeren Winden zu ermöglichen, der seitlich auf den Schiffskörper wirkende Winddruck in anderer Weise unschädlich gemacht oder ganz ausgeschaltet werden.

Bergungseinrichtungen.

Eine Lösung dieser Aufgabe wurde in einer kürzlich erschienenen Broschüre[1]) vorgeschlagen. Dieser sog. »Luftschiffbergung« liegt der Gedanke zugrunde: »Ein in der Windrichtung gelandetes Luftschiff bei jedem Wetter auf dem freien Landungsfeld abzufangen und so zu fesseln, daß das Schiff alsdann ungefährdet seiner Halle zugeführt werden kann, auch wenn der Wind quer zur Längsachse der Halle steht . . .« Zur Erreichung dieses Zweckes wird vorgeschlagen: »Eine Drehscheibe im Landungsfeld und eine abseits stehende durch einen Schienenweg mit der Scheibe verbundene feste Halle . . .«.

Die Aufnahme der Kräfte, wie sie sich bei der hier vorgeschlagenen Bergungseinrichtung ergibt, wird durch Fig. 35 veranschaulicht. Der Winddruck wird aufgenommen durch die horizontale Komponente des Auflagerdrucks auf der leeseitigen Leinewand.

[1]) Luftschiffbergung, eine Anregung der Ballonhallenbau (Arthur Müller) Ges. m. b. H., Charlottenburg.

Da diese bei der aus praktischen Gründen erforderlichen Schrägstellung der Leinewandflächen stets tiefer liegen wird als der Angriffspunkt des Windes, so ergibt sich ein Kippmoment, welches durch entsprechend kräftiges Festzurren des Schiffskörpers auf der Drehscheibe paralysiert werden muß.

Gelingt es, die Leinewandflächen so zu spannen, daß sie auf der ganzen Länge dem Schiffskörper ein gleichmäßig verteiltes Auflager bieten, so mag eine derartige Vorrichtung ein gefahrloses Ein- und Ausfahren auch bei stärkerem Wind wohl ermöglichen. Diese Voraussetzung wird aber nicht so einfach zu erfüllen sein; denn

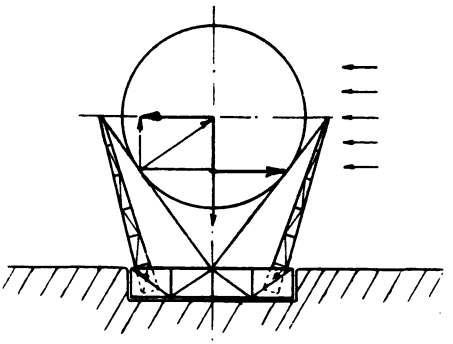


Fig. 35.

die Flächen müssen derartig variabel eingestellt werden können, daß sie sich nicht nur den verschiedenen Größen eines Schiffstyps, sondern auch den mannigfach wechselnden Formen aller in Frage kommenden Systeme anpassen. Speziell die Militärbehörde wird diese Forderung stellen müssen, da sie sich schwerlich durch Anlage derartig kostspieliger Einrichtungen auf die Verwendung nur eines Luftschifftyps festlegen wird. Auch wäre es gewiß verfehlt, der freien Entwicklung der verschiedenen Luftschiffkonstruktionen dadurch Schranken aufzuerlegen, daß sie auch noch den etwa vorhandenen Ausfahrvorrichtungen angepaßt werden müssen. Die Verwendung von 8 m breiten Bahnen dürfte aber bei den parabolisch zugeschärften Enden moderner Luftschifformen kaum angängig sein. Es müßten also freie Längen an den Schiffsenden überstehen, die besonders am Heck beträchtlichen Biegungsbeanspruchungen ausgesetzt wären.

Doch ließen sich hierfür vielleicht noch ergänzende Vorrichtungen schaffen. Aber die Art und Weise, wie der Winddruck aufgenommen wird, erscheint nicht sehr glücklich gewählt. Die Außenhülle wird — zwischen Leinewand und Schiffskörper eingezwängt — sehr leicht Beschädigungen ausgesetzt sein; den Längsträgern wird bei stärkerem Wind eine einwärts gerichtete Biegungsbeanspruchung zugemutet, wofür sie normalerweise nicht konstruiert sind. Insbesondere aber werden die eisernen Rungen, welche die Stoffbahnen halten, durch den Winddruck, der bei 25 m Windgeschwindigkeit rd. 50 000 kg betragen mag und an einem Hebelarm von 12 bis 14 m wirkt, außerordentlich beansprucht. Es dürfte daher nicht geringe Schwierigkeiten bieten, diese Gittermasten in der erforderlichen schweren Ausführung zum Hochklappen und zum seitlichen Verschieben zwecks Einstellung für verschiedene Schiffstypen herzurichten, zumal sie auf einem 3 m hohen Wagen zu montieren sind. Dieser Wagen, der eine Länge von 150 m besitzt, soll zur Aufnahme der Luftschiffe in eine Drehscheibe eingebaut und nach erfolgtem Einschwenken in der Längsrichtung in die feststehende Halle hineinverschoben werden. Es darf nicht übersehen werden, daß das Profil der festen Halle nunmehr den Außenmaßen des Luftschiffes u n d des Wagens zusammengenommen entsprechen muß. Die Höhe muß also ca. 3 m größer sein und die Breite muß ausreichen, um nach erfolgtem Einfahren eines Luftschiffes die Rungen soweit aufklappen zu können, daß sie beim Ausfahren des Wagens nicht mit dem Schiffe einschließlich vorstehender Teile, wie insbesondere Propeller und Steuer, noch mit den Hallenbindern kollidieren.

Das Projekt ist zweifellos ausführbar, jedoch wahrscheinlich nur mit enormen Kosten, zumal auch erhebliche Erdbewegungen nötig werden. In der erwähnten Broschüre werden die Kosten auf M. 750 000 veranschlagt. Für diesen Betrag dürfte aber schon eine drehbare Halle von 180 m Länge im Profil 30 · 30 m herstellbar sein, bei der das Ein- und Ausfahren sich wesentlich einfacher gestaltet als mit der vorgeschlagenen oder jeder anderen Haltevorrichtung. — Eine solche umfangreiche Anlage dürfte sich daher nur dann als rentabel erweisen, wenn sie zur Aufnahme aller Schiffstypen geeignet und für mehrere feststehende Hallen ausgenutzt werden kann.

Es bleibt nun aber die Frage zu erörtern, ob der Endzweck: ein Luftschiff bei jedem Wetter so zu fesseln, daß es auch bei Querwind ein- und ausgefahren werden kann — sich nicht auch auf einfachere Weise erreichen läßt.

Die Ursache aller Schwierigkeiten ist der seitliche Winddruck, der in der Druckmittelpunktslinie des Lateralplanes, also um ein geringes Maß unterhalb der Mitte des Schiffskörpers angreift. Er wird fraglos am günstigsten aufgenommen durch eine gleichgroße, in derselben Höhe angreifende, entgegengesetzt gerichtete Kraft. Jede andere Richtung verlangt größere Zugkräfte und erzeugt außer

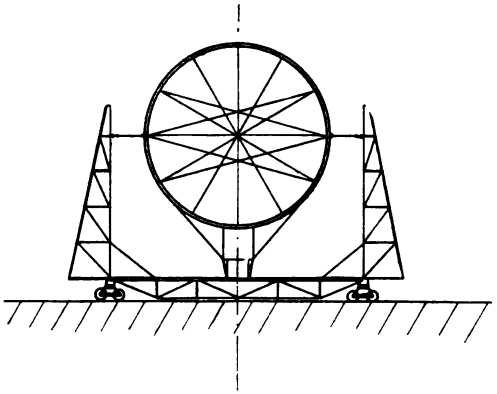


Fig. 36.

den horizontalen auch vertikale Kräfte; jede anders gewählte Angriffslinie hat Momente zur Folge, die den Schiffskörper überzukrängen bestrebt sind. Es sind also seitlich auf halber Höhe Halteleinen am Schiffskörper anzubringen, die horizontal ausgespannt werden und daher in gleicher Höhe ein Widerlager finden müssen. Die Befestigung am Schiff kann ohne Schwierigkeit an allen Querringen eines Starrluftschiffes in der erforderlichen soliden Weise erfolgen. Das Widerlager muß also den Bereich sämtlicher Querringe umfassen und zum Schutz gegen umspringende Winde beiderseits angeordnet werden. Der Abstand ist so zu wählen, daß das größte aller zu berücksichtigenden Luftschiffe mit dem praktisch gebotenen Spielraum dazwischen Platz findet. Das Einbringen des Schiffes in den geschaffenen Raum

muß gefahrlos und mit möglichst wenig Leuten vorgenommen werden können; das Schiff muß also jeweilig im Winde liegen, d. h. die Widerlager sind drehbar anzuordnen. Nur so läßt sich gleichzeitig das erforderliche, gleichmäßige Steifsetzen aller Halteleinen ohne Überbeanspruchung einzelner Stellen erreichen. Auf Grund dieser Überlegungen erhalten wir das Gerippe einer drehbaren Halle, deren Wandstützen jedoch nur bis zur halben Höhe der Luftschiffe zu reichen brauchen, also auch keinen Dachbinder tragen (Fig. 36). Die Halteleinen werden zweckmäßig an Laufkatzen befestigt, welche auf in entsprechender Höhe anzubringenden Schienen in beliebigem Abstand eingestellt werden können, so wie es für das einzufahrende Luftschiff am geeignetsten ist. Wird es für notwendig erachtet, nach erfolgtem Einschwenken des Drehgestells in die Hallenrichtung den Winddruck vom Schiffskörper fernzuhalten, so können die Wandstützen in einfachster Weise verkleidet und eventuell bis auf ca. 20 m erhöht werden. Die Wandverkleidung kann aus Wellblech bestehen oder auch aus Segeltuch, das nur ausgespannt wird, solange die Vorrichtung im Betrieb ist, sonst aber eingerefft bleibt. Da aber das Schiffsgerippe in kurzen Abständen von vielleicht 8 m in einwandfreier Weise eingespannt werden kann, während es noch im Winde liegt und daher unbelastet ist, so wird sich in den meisten Fällen eine Verkleidung der Wände überhaupt erübrigen, es sei denn, daß man den Steuer- und Stabilisierungsflächen eine größere Beanspruchung nicht zumutenwill. — Es dürfte unbedenklich zulässig sein, ein in der hier beschriebenen Bergungsvorrichtung sachgemäß vertäutes Starrluftschiff einem Seitenwind von 15 bis 20 m auszusetzen; liegt dieselbe in Windrichtung, so wird das Luftschiff auch bei 25 m Wind kaum Beschädigungen ausgesetzt sein.

Das ganze Drehgestell ist nun unmittelbar vor einer bzw. vor mehreren im Halbkreis angeordneten festen Hallen zu errichten, so daß die Laufkatzen, die untereinander zu verbinden sind, nach Einsetzen eines Übergangsstückes von den Schienen des Drehgestells mittels einer Winde gleichmäßig auf genau entsprechend angeordnete Schienen an den Wandstützen der Halle übergeleitet werden können (Fig. 37). Die Drehtore der Halle lassen sich dabei als Windschutz sowie auch zum Anbringen der Verbindungsschienen verwenden.

Diese Ausführung dürfte gegenüber der vorher beschriebenen einige Vorteile haben, welche darin bestehen, daß

1. die Haltevorrichtungen günstiger am Luftschiffkörper angreifen; daher sind Beschädigungen an Gerippe und Außenhülle unwahrscheinlicher. Eine elastische Befestigung ist durch Federtaue ebenfalls leicht erreichbar.

2. Die ganze Anlage ist vollkommen unabhängig von der Luftschifform und daher für jedes System verwendbar (bei genügender Höhe der Seitenwände auch für Pralluftschiffe).

3. An Stelle der großen Drehscheibe mit darauf verfahrbarem, eingebautem Wagen tritt ein Drehgestell, das in seiner ganzen

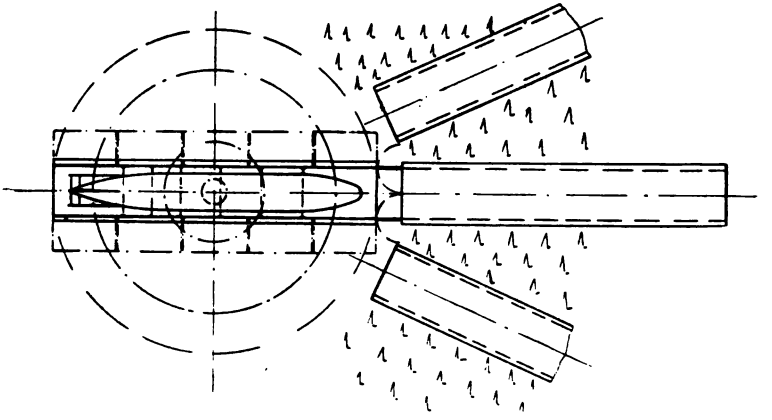


Fig. 37.

Konstruktion einfacher, leichter und daher billiger ausgeführt werden kann.

4. Der in die feste Halle einzufahrende Wagen kommt in Fortfall, so daß eine Vergrößerung des Profils nicht erforderlich ist, und die Bauhöhe der drehbaren Plattform niedriger gehalten werden kann; daher sind auch Erdbewegungen nur in geringerem Umfange nötig. Im übrigen gilt für diese Anordnung gleichfalls der Vorzug der billigeren Anlagekosten und des geringeren Geländebedarfs bei Ausnutzung derselben für zwei oder mehrere feste Hallen gegenüber zwei drehbaren.

Ein Nachteil besteht darin, daß das Drehgestell immerhin noch einen nicht unerheblichen Platz beansprucht, der für

das Manövrieren in Wegfall kommt. Ebenso wird dagegen ins Feld geführt werden, daß bei Winden, die auf das Tor der festen Halle gerichtet sind, ein Luftschiff nicht g e g e n den Wind in das Drehgestell einfahren kann, sondern m i t d e m W i n d e. Dieser Fall tritt aber bei jeder festen Halle sehr häufig ein und zählt gewiß nicht zu den schwierigsten Verholmanövern, wie jeder Luftschiffführer bestätigen wird.

Die erwähnten Nachteile lassen sich außerdem durch eine Anordnung gemäß Skizze 38 beseitigen, die allerdings etwas komplizierter ist, dafür aber auch mancherlei weitere Vorzüge bietet: die Seitenwände können im ganzen oder geteilt zum Niederklappen eingerichtet werden analog den Klappbrücken. Das ankommende

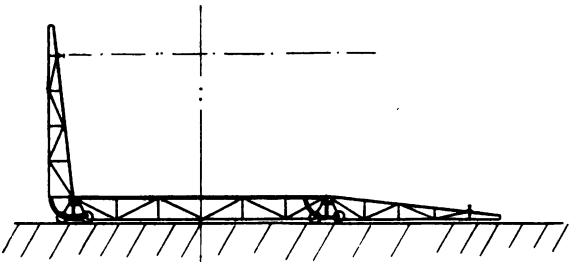


Fig. 38.

Schiff findet dann also zunächst nur die mit ihrer Längsachse in Windrichtung liegende Plattform vor, zu der die jetzt als Rampen dienenden niedergeklappten Seitenwände einen bequemen Aufgang ermöglichen. Nach erfolgtem Hochklappen derselben werden dann die Halteleinen in der erforderlich erscheinenden Anzahl an den Laufkatzen befestigt. Vorn und hinten könnten ebenfalls Rampen vorgesehen werden, die nach dem Aufrichten die Seitenwände in wirksamer Weise abstützen und auch einigen Windschutz bieten. Dieser Zweck wird noch besser erreicht, wenn der vordere Abschluß in der gleichen Weise hergestellt wird wie die sog. Stemmtore bei einer Schleusenanlage: die vorderen Flächen der beiden Seitenwände wären dann als Torflügel um eine in der Seitenwand liegende Achse drehbar auszubilden, und zwar in einer solchen Länge, daß die geschlossenen Flügel einen Winkel von ca. 90° einschließen und dadurch eine Ablenkung des Windes

herbeiführen. An diesen Toren läßt sich das Schiff eventuell auch nach vorne hin nahezu horizontal verankern, so daß auch hier eine günstige Kraftaufnahme erzielt ist (Fig. 39).

Die Ausführbarkeit kann wohl nicht angezweifelt werden: die Art der seitlichen Fesselung des Schiffskörpers an den Querringen ist bekannt und erprobt; ebenso hat sich die Führung mittels Laufkatzen an Laufschienen, auch an solchen, die in größerer Höhe an den Wandstützen der Halle befestigt sind, in der Praxis durchaus bewährt. Die Konstruktion des Drehgestells mit festen Wänden entspricht der einer einfachen Drehhalle ohne Dach; aber auch das Auf- und Niederklappen der Wände dürfte keine wesentlichen Schwierigkeiten bieten. Man denke nur an das analoge Aufrichten und Neigen der Schwimmkrane, bei denen Lasten von 150 000 kg und mehr an weitausladenden Hebelarmen angreifen.

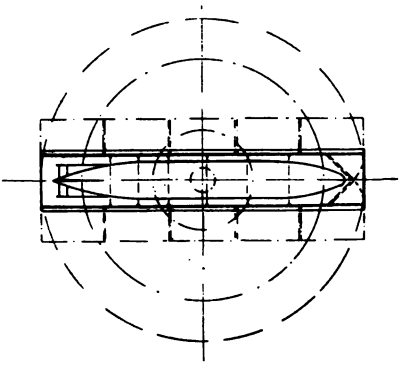


Fig. 39.

Derartige Drehgestelle können nun nicht nur zum Einfahren der in den betreffenden Häfen stationierten Schiffe in die festen Hallen Verwendung finden; sie können auch, wie in der vorerwähnten Broschüre richtig hervorgehoben, sozusagen als Nothafen Luftschiffe zum Abwettern eines Sturmes aufnehmen. Als solche können sie ferner unabhängig von festen Hallen auf den wichtigsten Luftschiff-Landeplätzen errichtet werden, falls die Mittel zur Aufstellung drehbarer Hallen nicht verfügbar sind. In beiden Fällen, wenn also geschlossene Hallen nicht vorhanden oder mit anderen Schiffen belegt sind, lassen sich diese Drehgestelle weiterhin sehr vorteilhaft zur Aufnahme von Luftschiffen, die auf Überlandfahrten begriffen sind, zwecks Nachfüllung von Gas und sonstigen Betriebsstoffen verwerten. Die erforderlichen Leitungen sind ohne Schwierigkeit durch den zur Aufnahme des Winddrucks notwendigen Mittelzapfen bei jeder beliebigen Stellung einzuführen, wie dies bei einer drehbaren Halle bereits erprobt ist.

Das Nachfüllen der Betriebsstoffe.

Es wird häufig vorkommen, daß ein Schiff nur für kurze Zeit zu einer Zwischenlandung vor einer Halle zu Anker geht, um neue Betriebsmittel einzunehmen. Wenn es nicht mit Rücksicht auf die Wetterlage oder aus anderen Gründen unbedingt notwendig ist, wird man sich hierbei das Einbringen in die Halle nach Möglichkeit sparen, weil es immerhin ein kritisches Manöver ist, bei dem Zwischenfälle eintreten können, und weil unliebsamerweise Zeit dadurch verloren geht. Das Schiff kann jedoch nur dann die Halle wirklich entbehren, wenn ihm der Platz an sich günstige Gelegenheit zum Nachfüllen seiner Betriebsmittel bietet.

Es wird sich daher empfehlen, vor allen Dingen einen Anschluß an die Wasserstoff-Füllanlage herzustellen, indem von derselben aus eine Leitung bis in die Mitte des Ankerplatzes verlegt wird. Auch dann, wenn eine feste Halle und damit eine komplette stationäre Füllanlage nicht vorhanden ist, wird sich die Anlegung einer solchen Leitung rentieren. Die Gasbehälter brauchen dann nicht mühsam auf den Platz transportiert zu werden, wo sie ein bei allen Manövern sehr störendes Hindernis bilden. Sie können vielmehr direkt an der Zufahrtstraße abgeladen und in einem vor Unwetter und Sonnenbestrahlung schützenden Schuppen aufgestapelt werden. Es muß jedoch möglich sein, durch Winkerflaggen oder sonstige Signale zwischen dem Flaschenlager und dem Füllplatz eine Verständigung herbeizuführen.

In gleicher Weise ist es zweckmäßig, einen Wasserleitungsstrang auf den Ankerplatz hinauszuführen. Von hier aus kann der Ballast am leichtesten durch den Druck der Leitung selbst nachgefüllt werden. Ersatz hierfür würden Karren bieten, aus denen das Wasser in die Ballastsäcke hineingepumpt wird. Selbstverständlich erfordert dies aber mehr Zeit und Leute, und damit erhöhte Betriebsunkosten. — Für Benzin und Öl dürften sich besondere Leitungen kaum empfehlen, da sie zu kostspielig wären. Beides läßt sich, zumal es sich um kleinere Quantitäten handelt, in Fässern und Kannen leicht bis an die Bedarfsstelle transportieren und von hier aus in die Behälter des Schiffes pumpen oder nachgießen. Scheut man die Feuergefährlichkeit des Benzins, so können auch besondere Tonnenwagen mit explosionssicheren Abschlüssen beschafft werden.

Sonstiges.

Fast allgemein sind die Häfen noch mit mehr oder minder umfangreichen Einrichtungen versehen, die besonders dem Führer der Schiffe das Ansteuern und Landen erleichtern sollen.

Während bei Tage die freiliegenden Hallen vom Schiffe aus meistens gut sichtbar sind, müssen sie bei Dunkelheit durch Ansegelungslichter kenntlich gemacht werden. Geeignet hierfür erweisen sich schon große, in bestimmter Anordnung angebrachte Lampen mit festem Licht. Wird noch durch rote und grüne Färbung das Einfahrtstor analog den Positionslichtern der Seeschiffahrt gekennzeichnet, so kann der Führer ohne Mühe die Hallenrichtung daraus ersehen.

Besonders gut und schon auf weite Entfernungen bemerkbar sind Blinkfeuer und Scheinwerfer mit hoher Kerzenstärke. Gerade diese letzteren können sich auch durch Beleuchtung des Ankerplatzes selbst, wie auch durch Nachrichtenübermittelung sehr nützlich erweisen. Hierzu ist nur eine Jalousieabblendung erforderlich, mit der Morsezeichen gegeben werden können. — Es sind bereits Bestrebungen im Gange, welche bezwecken, nicht nur die Luftschiffhäfen und Landeplätze mit solchen Feuern auszustatten, die natürlich verschiedene Kennungen erhalten müßten, sondern auch geeignet erscheinende Stationen auf den Verbindungsrouten von einem Hafen zum andern.

Bei Nebel versagen alle diese Signale schon auf sehr geringe Entfernungen. Hier kommen nur akustische Signaleinrichtungen in Frage, wie sie in der Seeschiffahrt seit langem in Form der Nebelhörner, Sirenen usw. im Gebrauch sind. Wenn diese bisher für die Zwecke der Luftschiffahrt noch nicht ausgeführt wurden, so geschah dies wohl in der Voraussetzung, daß man bei dem Geräusch der Motoren doch nicht in der Lage sein würde, die Signale zu hören. Es mag dies bei Schiffen zutreffen, bei denen Motor und Führerstand in einer Gondel vereinigt sind. Ist aber die Führergondel unabhängig und möglichst weit vor der Maschinengondel — bei zwei Maschinengondeln können in der vorderen die Motoren zeitweise abgestellt werden — so kann man markante Signale schon auf beträchtliche Entfernungen vernehmen. Gerade über einer

Nebeldecke können im allgemeinen sogar unbedenklich alle Motore für kurze Zeit abgestellt werden, um auf vom Erdboden heraufkommende Geräusche zu lauschen.

Von besonderem Werte ist es, wenn mit jedem Luftschiffhafen auch eine feste Station für drahtlose Telegraphie verbunden wird. Da neuerdings wohl alle Luftschiffe für Funkentelegraphie eingerichtet sind, so ergibt sich hierdurch ein ausgezeichnetes Mittel zur Verständigung zwischen Schiff und Station. Insbesondere können auf diese Weise die Wettermeldungen, Sturm- und Gewitterwarnungen weitergegeben werden — ganz abgesehen von der außerordentlichen Bedeutung für militärische Zwecke bei der Nachrichten- und Befehlsübermittelung. — Werden die Schiffe noch dazu mit einem Telefunkenkompaß ausgerüstet, was in vielleicht nicht allzu ferner Zeit auch kommen wird, so kann auch dadurch bei Vorhandensein einer Hafenstation das Auffinden der Halle bei Nebel oder unsichtigem Wetter bedeutend erleichtert werden.

Bei der Anlage eines Luftschiffhafens sollte daher auf die Unterbringung einer Telefunkenstation von vornherein Rücksicht genommen werden, auch wenn sie nicht sofort errichtet wird. Die Anlage ist immerhin eine Geldfrage; denn die Kosten dürften sich schon für eine kleine Station einschließlich Mast, Stationshäuschen usw. auf ca. M. 30 000 stellen.

Bei Holzhallen, die keine großen mit der Erde in Verbindung stehenden Eisenmassen enthalten, könnten die Masten für das Ausspannen einer T-Antenne direkt auf die Halle gesetzt werden. Der Wirkungsgrad einer solchen Anlage ist jedoch nicht sehr günstig. Vorteilhafter ist es, die Station einige hundert Meter von der Halle, insbesondere wenn sie eine Eisenkonstruktion darstellt, sowie von Gasometern und auch Wald oder Baugruppen entfernt aufzustellen. Als Antenne wird zweckmäßig eine Schirmantenne gewählt, um nach Möglichkeit eine nach allen Richtungen hin gleichmäßige Ausstrahlung der elektrischen Energie zu erreichen, was bei einer T-Antenne nicht der Fall ist. Eine solche Schirmantenne erfordert aber schon für eine kleinere Station einen freien, ebenen Platz von ca. 160 m Durchmesser, während der Antennenmast eine Höhe von mindestens 40 bis 50 m erhalten muß. Aus diesen Abmessungen folgt ohne weiteres, daß man auf eine geeignete Plazierung der Anlage von vornherein bedacht sein muß. Vor allen

Dingen darf auch der Mast den Aufstieg oder die Landung der Luftschiffe nicht gefährden. — Kommt es nur darauf an, die Reichweite der Bordstation eines Schiffes festzustellen, so kann man mit wenig Mitteln eine provisorische Empfangsstation errichten; es genügt in diesem Falle das Ausspannen einer T-Antenne über der Halle in Verbindung mit einem Empfangsapparat und mit der Erde.

Zu den unentbehrlichen Einrichtungen eines Luftschiffhafens gehören ferner Wind- und Temperatur-Meß- und Anzeigevorrichtungen. Windfahne und Schalenkreuzanemometer oder Staurohr werden zweckmäßig in genügender Höhe über dem Dach der Halle angebracht. Um die Windrichtung jederzeit auch in der Halle ablesen zu können, ist die Windfahne vielfach direkt mit einem Zeiger verbunden, der unterhalb des Dachbinders über einer großen Windrose angebracht ist. Es kann aber auch eine elektrische Übertragung geschaffen werden, welche gestattet, an beliebigem Ort, z. B. im Navigationsbureau, die Stellung der Windfahne abzulesen. Ebenso kann das Anemometer an einen Anemographen angeschlossen werden, der die Windstärken fortlaufend für alle Stunden des Tages aufzeichnet. Zum Ablesen der momentanen Windstärke dient ein gewöhnliches, entsprechend zu eichendes Flüssigkeitsmanometer.

Für den Luftschiffführer ist es nun besonders wichtig, vor Antritt einer Fahrt über die Windrichtung und Geschwindigkeit in größeren Höhen orientiert zu sein. Für Höhen bis vielleicht 1000 m ist ein Drachenballon sehr brauchbar, der mittels Drahtseil und Winde in der gewünschten Höhe gehalten wird und ein Anemometer trägt, das wieder durch ein Kabel mit dem Anemographen in Verbindung steht. Die Windrichtung ergibt sich ohne weiteres aus der Richtung des Kabels. — Ein solcher Drachenballon leistet auch sehr gute Dienste, wenn dichter Nebel dem ankommenden Luftschiff das Auffinden der Halle erschwert. Er wird dann in möglichst große Höhen hinaufgelassen, wo er sich von der blendend weißen Nebeldecke, die nur selten über 600 bis 700 m hinausreicht, schon auf beträchtliche Entfernung sehr deutlich abhebt. — Ein einfacheres Mittel zur Feststellung der Windrichtung und -geschwindigkeit in verschiedenen Höhen steht dem Luftschiffer in den Pilotballonmessungen zur Verfügung, die im Band II dieser Sammlung ausführlich erläutert sind. Zur

Vornahme dieser auch für die Aufstellung der Wetterprognosen sehr dienlichen Messungen ist möglichst jeder Luftschiffhafen mit einem Theodoliten auszurüsten.

Wind und Temperatur zeigen durch den Einfluß des Erdbodens die größten Schwankungen der Höhe nach in der untersten Zone vom Boden bis auf vielleicht 200 m. Bei der Landung eines Luftschiffes ist es daher wichtig, den Führer schon vor dem Abstieg über die Verhältnisse am Boden zu informieren, um ihn vor unliebsamen Überraschungen zu schützen. Man pflegt die Windrichtung durch Auslegen einer langgestreckten Flagge oder auch durch eine vereinbarte, besondere Aufstellung der Haltemannschaften zu markieren. Windstärke und Lufttemperatur können durch möglichst große Ziffern auf Holztafeln von ca. 1 m im Quadrat angezeigt werden, oder auch dadurch, daß man eine entsprechende Anzahl Leute an einem bestimmten Platz postiert.

Um nun beim Herannahen eines Schiffes die Mannschaften rechtzeitig alarmieren und die vorstehend beschriebenen Anzeigevorrichtungen in Aktion setzen zu können, muß man für einen geeigneten Ausguckplatz sorgen, von dem aus man einen weiten Rundblick genießt. Das Dach der Halle bietet hierzu die beste Gelegenheit, indem es mit einem Podest versehen wird, das durch Treppe und Laufgang vom Halleninnern aus zugänglich ist. Auch bei Benutzung des Landungsfeldes als Flugplatz ist ein solcher Ausguck wichtig, der über das ganze Gelände einen guten Überblick gewährt. Von hier aus ist bei Unfällen die Wache oder die Unfallstation unverzüglich zu alarmieren.

Unerläßlich ist ferner die Einzäunung des eigentlichen Flugplatzes, um mit den Schiffen oder Flugzeugen unbehindert landen und manövrieren zu können, sowie auch, um Unfällen vorzubeugen, die schon mehrfach dadurch entstanden, daß das Publikum sich zu nahe an die Fahrzeuge herandrängte.

Dritter Teil.

Abschnitt V.

Hallentypen und ihre Verwendung.

Verschiedene Ausführungsformen, ihre Vorzüge und Nachteile.

Die vorausgegangenen Darlegungen geben bereits wichtige Unterlagen für die zweckmäßige Anordnung und Ausführung der verschiedenen Hallentypen mit Rücksicht auf das Ein- und Ausfahren der Luftschiffe. Wir sahen, daß das Verholen am einfachsten vor sich geht, wenn ein Luftschiff mit dem Bug gegen den Wind gehalten und eingefahren wird, während jedes seitliche Auftreffen des Windes möglichst vermieden werden muß.

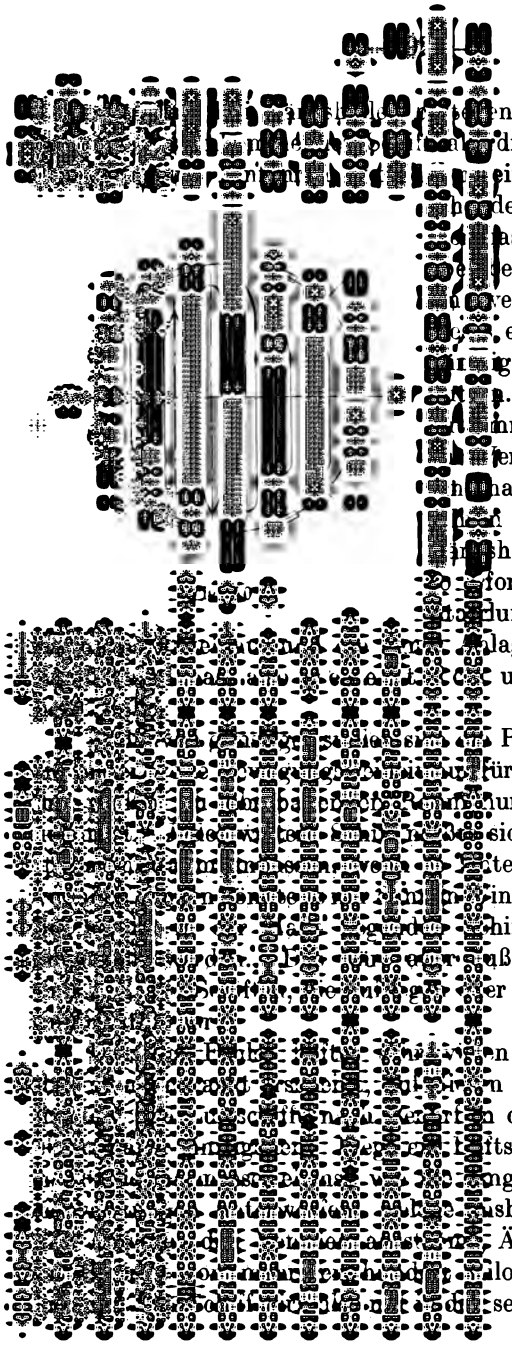
Daraus ergibt sich die selbstverständliche Forderung, feststehende Längshallen in die Richtung der vorherrschenden Winde zu legen, und zwar so, daß der geschlossene Giebel dem Winde zugekehrt ist. Entspricht die Verteilung der Winde ungefähr der in Fig. 3 gegebenen Darstellung[1]), so kann bei einer derartigen Aufstellung das Ein- und Ausfahren in den meisten Fällen im Schutz der Halle und in Richtung des Windes erfolgen. Weht der Wind jedoch häufig auch entgegengesetzt, wie es z. B. in den Windrosen von Straßburg (Fig. 4), Biberach u. a. deutlich zum Ausdruck kommt, so würde die Einhaltung der Windrichtung allein noch keine befriedigende Lösung bringen. Ist ein Luftschiff

[1]) Auf die Windrosen kann natürlich nur Bezug genommen werden, wenn es sich um einwandfreie und durch lokale Lage der Station etc. unbeeinflußte Messungen handelt.

beispielsweise bei Südwind in die Halle gefahren, so kann der Wind häufig bis zur nächsten Fahrt nach Nord umgesprungen sein. Es müßte dann also mit dem Heck gegen den Wind ausgefahren werden, was schon bei 4 bis 5 m sehr riskant ist, wie weiter oben erläutert wurde. Für derartige Fälle, wo der Wind vorzugsweise eine bestimmte Richtung annimmt, die er in diesem und in jenem Sinne passiert, wächst demnach die Brauchbarkeit einer Halle bedeutend, wenn sie auf beiden Stirnseiten Ausfahrten erhält. Auch bei seitlichem Wind wird das Verholen, wie früher gezeigt, erleichtert, wenn man die Ausfahrt auf der einen oder anderen Seite wählen kann, so daß das Schiff immer mit dem Bug voran ein- und ausfährt.

Es werden sich aber praktisch nur wenig Plätze finden, wo der Wind so ausgesprochen auf eine Richtung beschränkt ist, und zwar naturgemäß nur dort, wo langgestreckte Täler dem Winde eine bestimmte Richtung ein für allemal vorschreiben. Hier liegen aber die sonstigen Vorbedingungen für einen Luftschiffhafen oft wieder ungünstig. In der Mehrzahl der Fälle muß man also mit einer mehr oder minder gleichmäßigen Verteilung des Windes auf einen größeren Umfang der Windrose rechnen. Soll das ausfahrende Schiff vor Seitenwind geschützt werden, so reichen ein bzw. zwei Ausfahrten nicht aus, sondern es müssen mehrere vorgesehen sein. Hinter jeder Ausfahrt muß gleichzeitig eine Hallentiefe verfügbar sein, die der Länge der unterzubringenden Schiffe gleichkommt.

Auf diese Weise ergeben sich die Rundhallen mit kreisförmigem oder vieleckigem Grundriß, zu denen die Hallen mit dreieckigem und sternförmigem Grundriß Übergangsstadien darstellen. Alle diese Konstruktionen geben aber nicht den vollen Umfang frei, da zur Abstützung des Hallendaches nach dem Boden hin zahlreiche feste Stützen erforderlich und auch einzelne Felder durch Diagonalverbände zur Aufnahme des Winddrucks verbaut sind. Sie haben auch praktische Bedeutung bisher nicht erlangt, weil ihre Herstellung im Vergleich zu den Längshallen bedeutende Mehrkosten erfordert, denen entsprechende Vorteile nicht gegenüberstehen. Zwar wird von den Anhängern derselben meistens an Hand verlockender Abbildungen gezeigt, wie sich eine ganze Flotte von Luftschiffen darin unterbringen läßt (Fig. 40). Wie liegen nun die Verhältnisse in Wirklichkeit?



nden Sternhalle findet
rdings 6 verschiedene Mög-
eine bei der jeweilig herr-
den Windrichtung wohl im-
assend sein wird. Kommt
ei derselben Windrichtung
eites Schiff hinzu, so muß
eine der übrigen sehr un-
g liegenden Einfahrten be-
n. Ein ausfahrendes Schiff
immer nur zwei Ausfahrten
erfügung. — Soll dagegen
halb der Halle ein Über-
des Schiffes aus einer
shalle in eine andere erfolgen,
fordert dies bei den großen
uftschiffen einen sehr ge-
lage wäre doch nur für ein
unrentabler als eine dreh-

Rundhallen; denn auch
für ein Luftschiff, das aber
nur zu einem geringen Teil
sich in der Länge dem ver-
terkunft finden sollte, und
indrichtung einfahren, wenn
chiffe jeweilig entsprechend
ußerordentlich umständlich
er in Reparatur sind, direkt

n Hallenprojekten an, so
n Punkt, nämlich die Mög-
der Halle zu verschieben,
itschiff gefüllt in der Halle,
ngebende Luft Temperatur-
usbesondere auch dadurch,
Änderungen der Tragkraft
logramm zur Folge haben
seltensten Fällen im Gleich-

gewicht sein und wird daher zur Sicherung gegen diese Schwankungen durch Sandballast belastet. Ferner ist mit der Möglichkeit zu rechnen, daß eine Gaszelle des Schiffes defekt wird, sei es auf der Fahrt, beim Einfahren oder, wie es schon mehrfach vorgekommen ist, in der Halle durch herabfallende Werkzeuge oder dergleichen. Dadurch sinkt natürlich der Auftrieb um den Anteil dieser Zelle, also vielleicht um 1200 bis 1500 kg. Ein Transportieren des Schiffes in diesem Zustand wäre mit erheblichen Schwierigkeiten verknüpft. Ganz undurchführbar aber wird es, wenn das Schiff entleert ist und das Gerippe auf Lagerstühlen ruht. — Bei den Z.-Schiffen ist es üblich, das Gerippe an etwa 18 Stellen je nach der Zahl der Querringe am Dach aufzuhängen; hier wäre also eine Verschiebung nur dann möglich, wenn das Gerippe zunächst an einem Träger von der Länge des Schiffes befestigt würde, der seinerseits so am Dach aufzuhängen wäre, daß er in jede Richtung eingeschwenkt werden könnte. Die Kosten einer solchen Drehvorrichtung für eine Rundhalle wurden in einem durchkalkulierten Beispiel zu ca. M. 170 000 ermittelt. Selbst wenn man diese hohen Kosten aufwenden wollte, müßten immer noch alle Gerüste, Leitern, Treppen usw. bei einem Verschieben des Schiffes mit umgestellt werden. Alle diese Umstände bergen — ganz abgesehen von den enormen Kosten, die die großen zu überbauenden Spannweiten und die vielen Tore bedingen — so schwerwiegende Nachteile in sich, daß die Stern- und Rundhallen wohl kaum je zur Ausführung gelangen werden.

Eine vollkommene Lösung der Frage des Ein- und Ausfahrens ergibt sich nur, wenn die Ausfahrt in allen Richtungen der Windrose mit dem Winde erfolgen kann. Dies läßt sich dann erreichen, wenn die Halle über den vollen Umfang von 360° drehbar angeordnet wird. Der Drehpunkt kann hierbei im Bereiche der Halle liegen, wie es bei Ausführungen auf festem Boden üblich ist, oder außerhalb derselben bei schwimmenden Hallen.

Um den Vorgang der Bergung eines Schiffes in eine Drehhalle richtig zu verstehen, muß man sich ein Bild von dem Verlauf der Luftströmungen in der Nähe der Halle zu machen suchen. Einen Anhalt dafür bieten folgende Beobachtungen, die an der bestehenden drehbaren Halle in Biesdorf sehr häufig gemacht werden konnten: Bei Schneefall treiben die niederfallenden Flocken, die sonst dem Winde folgend, in schräger Richtung zu Boden sinken,

im Windschutz der Halle in entgegengesetzter Richtung 30 bis 40 m weit durch die offene Einfahrt in das Halleninnere. Ebenso wechseln Sandwolken, die vom Wind an der Halle vorbeigejagt werden, hinter derselben ihre Richtung und treiben in Wirbeln weit in die Halle hinein. Die Erscheinung tritt um so auffälliger zutage, je stärker der Wind ist. Derselbe ruft also im Halleninneren einen nicht unerheblichen Unterdruck hervor, was z. B. auch daraus zu ersehen ist, daß durch Fenster, die ihrer Einstellung nach ein Absaugen der Luft nach außen hin erwarten lassen sollten, ein intensiver Luftwechsel nach innen hinein

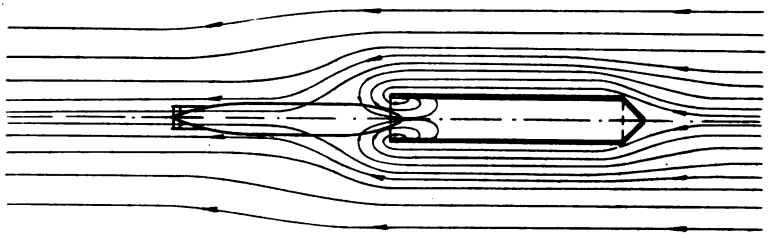


Fig. 41.

erfolgt. Man kann danach annehmen, daß der Luftstrom in der Nähe der Halle einen Verlauf annimmt ähnlich der in Fig. 41 wiedergegebenen Skizze. Dieses Bild gibt eine Erklärung für das so außerordentlich einfache Verholen der Luftschiffe in schmale drehbare Hallen und bestätigt zugleich die in einem Aufsatz über Luftschiffhallen von Krell gegebene Darstellung des Bergungsmanövers, wonach »der Kopf des Schiffes vor der Halleneinfahrt sehr bald in den Windschatten gelangt und der rückwärtige vom Wind etwa noch getroffene Teil durch den Luftstrom automatisch gewissermaßen eine Führung erhält«.

Es wird vielfach gegen die drehbaren Hallen der Einwand erhoben, daß sie bei umspringenden Winden nicht schnell genug folgen können. Man möge doch dagegen das Urteil der Luftschiffführer gelten lassen, die die Verholmanöver in der Biesdorfer Halle bei zahlreichen Fahrten praktisch kennen gelernt haben. Soweit bekannt, hat die Halle sich bei jedem Wetter ausgezeichnet bewährt, und die Drehgeschwindigkeit von 360° pro Stunde völlig ausgereicht. Sie ließe sich, wie von Sachverständigen oft genug versichert, ohne Schwierigkeit erhöhen; es fragt sich nur, ob damit

etwas Besseres erreicht würde. Wenn nämlich die Halle während des Einfahrens in schnellerem Tempo gedreht wird, so müßten auch die Mannschaften stets genau so folgen, daß das Schiff, um nicht mit der Halle zu kollidieren, vom Drehpunkt aus gesehen immer in radialer Richtung gehalten wird, was kaum durchführbar sein dürfte. Aus dem gleichen Grunde kann jede Vorrichtung zur selbsttätigen Einleitung der Drehbewegung bei umspringenden Winden, wie z. B. Windfahnen, welche den treibenden Motor einschalten, mehr Schaden als Nutzen bringen. Wird besonderer Wert darauf gelegt, eine gewisse seitliche Bewegungsfreiheit zu haben, so dürfte es sich eher empfehlen, die lichte Breite der Hallen größer als bisher, etwa auf 35 m zu bemessen.

Es ist gewiß ein richtiger Grundsatz, den Seitenwind möglichst ganz auszuschalten. Man braucht aber bei Befolgung dieses Grundsatzes nicht in das Extrem zu verfallen, jede Lösung zu verwerfen, bei der eventuell ein geringer seitlicher Winddruck auftreten könnte. Die Darlegungen des vorausgegangenen Abschnittes dürften gezeigt haben, daß die Luftschiffkörper keineswegs so empfindlich sind, daß sie auch einem geringeren seitlichen Druck nicht ausgesetzt werden dürfen. Ein stärkerer Wind pflegt aber seine Richtung in so kurzer Zeit nicht nennenswert zu wechseln. Nach alledem darf wohl behauptet werden, daß durch die drehbare Ausführung der Luftschiffhallen die Frage des Ein- und Ausfahrens an sich am besten gelöst wird.

Wir haben nun in konstruktiver Hinsicht zwischen Drehhallen mit und ohne Boden zu unterscheiden. Bei der einen bisher allein angewandten Ausführung hat die Halle eine in sich geschlossene Kastenform. Der Boden ist ein wichtiger Verbandteil der gesamten Konstruktion, indem er einmal die Seitenwände gegeneinander absteift und ferner einen starken, solide verankerten Mittelzapfen umfaßt, auf den er die horizontalen Winddruckkräfte überträgt. Im übrigen aber ist der Boden unabhängig vom Gelände und dreht sich bei jedem Einschwenken der Halle mit. Das Hallengewicht wird hier sowohl wie bei der Halle ohne Boden durch unter den Seitenwänden angeordnete Laufwagen aufgenommen, welche auf kreisförmig verlegten Schienenkränzen spuren und durch Elektromotoren angetrieben werden. Bei einer Breite der Halle und einem dementsprechenden Abstand zweier zusammengehöriger Laufwagen von ca. 35 m erfordert der Boden, der durch Mannschaften, Gerüste,

fahrbare Leitern oder auch durch einen Teil des Schiffsgewichtes belastet wird, eine nicht unerhebliche Konstruktionshöhe. Um nun die Schiffe bei jeder Hallenstellung vom Gelände auf den Boden führen zu können, wird man zum teilweisen Ausgleich des Höhenunterschiedes das vom Hallenboden bestrichene Gelände ausschachten und die gewonnenen Erdmassen zur Herstellung einer ringförmigen Böschung verwenden. In Biesdorf ist diese Böschung gleichzeitig als Lagerkeller zum Unterbringen der Wasserstoffbehälter ausgebaut. Die Gasleitung wird ebenso wie Wasser-, Licht- und Kraftleitungen durch den Mittelzapfen zentrisch eingeführt.

Bei der zweiten Ausführung besteht die Halle selbst nur aus dem Dach, den Seitenwänden und den Stirnwänden bzw. Stirnwandverschlüssen. Ein mit der Halle verbundener Boden existiert nicht; ebenso entfällt der Mittelzapfen. Die Winddruckkräfte müssen allein durch die Schienenkränze aufgenommen werden. Da aber für die dauernde Unterbringung eines Luftschiffes ein befestigter Boden unentbehrlich ist, wird die Hauptwindrichtung oder eine sonst bevorzugte Richtung als Normalstellung der Halle festgelegt, und eine dementsprechende Fläche wie bei jeder festen Halle als Fußboden hergerichtet. In dieser Stellung sollen auch die Wände gegen den Boden eine Abdichtung erhalten, um zu verhindern, daß Regen, Schnee oder Sand ins Halleninnere getrieben werden. Soll ein Schiff einfahren oder ausfahren, so müssen diese Abdichtungen angehoben werden, um die Halle über den Boden hinweg in die jeweilige Windrichtung einstellen zu können.

Die Vorzüge dieser zweiten Ausführung bestehen in folgendem: einmal wird durch den Fortfall des Bodens an Gewicht gewonnen. Dadurch ergeben sich direkte Kostenersparnisse sowie geringere Belastungen der Schienenkränze. Ferner braucht das Gelände weder aufgeböscht noch ausgeschachtet zu werden; es bedarf nur einer sorgfältigen Planierung. Abgesehen von der geringeren Erdbewegung wird dadurch erreicht, daß die Oberkante der Fundamente in Höhe des Geländes liegt, während sie im andern Falle je nach der Bodenhöhe 1 bis 2 m tiefer fällt. Bei hohem Grundwasserstand wird also die Fundierung einer Bodenhalle fraglos größere Schwierigkeiten bereiten. Der Einwand, daß ihre Betriebssicherheit auch durch Sand- und Schneeverwehungen in der

Ausschachtung leichter in Frage gestellt werden könnte, erscheint kaum haltbar: Ein Gelände, auf welchem mit starken Sandverwehungen zu rechnen ist, eignet sich schon aus anderen Gründen in keiner Weise als Hafengelände, wie bereits früher erwähnt. Die immerhin möglichen Schneeverwehungen dürften aber eine Halle, bei welcher die geschlossenen Seitenwände dicht über das Gelände wegstreichen, leichter am Drehen hindern, als eine Bodenhalle mit hoher Unterkonstruktion; sicherlich wird auch das Halleninnere schwieriger gegen Zugluft, Regen und Schnee zu schützen sein, da es sehr zweifelhaft erscheint, ob die untere Abdichtung der Wände, welche bei der Bodenhalle einwandfrei gegeben ist, sich in der erforderlichen soliden und dabei doch schnell demontierbaren Weise schaffen läßt.

Jedenfalls ist eine ausreichende Abdichtung der bodenlosen Halle nur in der Normalstellung möglich, an welche sie daher auch gewissermaßen gebunden ist. Dadurch ergeben sich aber in betriebstechnischer Hinsicht weitere Nachteile gegenüber der Bodenhalle. Steht der Wind ungünstig zur Normalstellung, so kann bei der üblichen Geschwindigkeit von einer Umdrehung pro 60 Minuten eine halbe Stunde vergehen, bis die Halle zum Ein- oder Ausfahren bereit steht, während die Bodenhalle stets in Windrichtung gehalten wird. Diese Zeit läßt sich auf die Hälfte reduzieren, wenn auf beiden Stirnseiten Ausfahrten vorgesehen sind; allerdings ist damit natürlich auch eine entsprechende Verteuerung der Konstruktion verknüpft. Ein noch schwerwiegenderer betriebstechnischer Nachteil besteht darin, daß bei jedem Drehen der Halle sämtliche Gegenstände, welche auf dem Boden stehen, entsprechend vorgerückt werden müssen. Es sind dies einmal Ballastsäcke, Wasserkarren, Gerüste, Montageleitern usw., und dann vor allen Dingen die Luftschiffe selbst. Welche Schwierigkeiten dem aber entgegenstehen, wurde bereits oben bei Besprechung der Rundhallen des näheren erörtert. — Man wird einwenden, daß die Schiffe die Drehung ohne weiteres mitmachen, wenn sie am Dach aufgehängt werden, wie es bei den Z.-Schiffen der Fall ist. Demgegenüber muß zunächst betont werden, daß das jedesmalige Aufhängen sicher kein Vorteil, sondern ein Übelstand ist, den man nach Möglichkeit vermeiden wird. Denn zu diesem Zwecke müssen stets Leute vom Firstlaufgang aus an Strickleitern auf das Schiff herunterklettern und hier die Aufhängung befestigen.

Dieses Arbeiten auf dem Schiffskörper liegt keineswegs im Interesse der Schonung der Außenhülle; auch verlautete schon mehrfach, daß hierbei durch Herabfallen von Schäkeln oder dergleichen Gaszellen defekt wurden und leer liefen, wodurch sich erhebliche Unkosten und Störungen des Fahrbetriebes ergaben. Daher werden auch die S. L.-Schiffe sowohl wie die sämtlichen unstarren Luftschiffe niemals aufgehängt, solange sie gefüllt sind, sondern mit den Gondeln auf den Boden aufgesetzt und durch Sandsäcke belastet. Ist das Einschwenken der Schiffe schon unter diesen Umständen durch das jedesmal notwendig werdende Entlasten bzw. Nachfüllen sehr lästig, so kann es vollkommen unmöglich werden, wenn ein Schiff eine schwere Havarie erlitten hat. (Vgl. Z. II in Köln.) Mit dieser Möglichkeit, daß ein Schiff schwer havariert einkommt und größerer Reparaturarbeiten bedarf, wird man gerade im Kriege häufig rechnen müssen. Haben wir nun eine Doppelhalle ohne Boden, so würde, solange e i n Schiff einer ernsteren Reparatur unterzogen oder außer Dienst gestellt wird, das zweite Schiff keine bessere Ausfahrmöglichkeit finden als in einer feststehenden Halle mit e i n e r Ausfahrt. Ist dagegen der Boden mit der Halle als ein Ganzes verbunden, so können, wie durch die Praxis bewiesen ist, an einem Schiff beliebige Arbeiten vorgenommen werden; es können Leitergerüste aufgebaut, Böcke untergestellt und Gaszellen herausgenommen werden. Das Drehen der Halle, das ohne irgendwelche besonderen Vorbereitungen durch einen einzigen Mann erfolgt, stört die Arbeiten in keiner Weise; in einer Doppelhalle könnte also unter solchen Umständen ein zweites Schiff unbehindert ein- und ausfahren. Allein diese Überlegungen dürften die Verwendung von Doppelhallen ohne Boden wohl ausschließen. Aber auch als einfache Hallen erscheinen sie trotz konstruktiver bzw. wirtschaftlicher Vorteile zur d a u e r n d e n Aufnahme von Luftschiffen, welche die Ausstattung mit zahlreichen Hilfseinrichtungen, Werkstätten und Nebenräumen erforderlich macht, wegen der vielen betriebstechnischen Nachteile wenig geeignet. Daran dürfte auch der Umstand nichts ändern, daß in einer Bodenhalle die Zuführung der Gas-, Wasser- und sonstigen Leitungen etwas größere Schwierigkeiten bereitet. — Dienen sie dagegen nur zum Durchschleusen der Schiffe in feste Hallen, so liegen die Verhältnisse allerdings günstiger, wie weiter unten gezeigt werden wird.

Der Vollständigkeit halber seien dann noch einige Spezialausführungen erwähnt, wie sie die aufklappbaren, die schwimmenden und transportablen Hallen darstellen. Der Vorschlag, nur das Dach zum Aufklappen einzurichten, ist kaum diskutabel, da bei einer derartigen Anordnung das einfahrende Schiff in vielleicht 30 bis 40 m Höhe über der Halle gehalten und dann senkrecht eingeführt werden müßte, was in jeder Hinsicht insbesondere bei Seitenwind weit ungünstiger ist, als das Einbringen auf dem Boden. Aber selbst dann, wenn Dach- und Seitenwände vollständig umgelegt werden, ergeben sich kaum Vorteile gegenüber den Hallen mit Ausfahrten auf den Schmalseiten; denn die Hauptschwierigkeit bleibt bestehen: das Schiff muß vollkommen ungeschützt gegen den Seitenwind aufgeholt und verankert werden. Wäre dies bei jedem Wind angängig, dann könnten die Schiffe auch in feste Hallen mit Ein- und Ausfahrvorrichtungen geborgen werden, die jedenfalls mit geringeren Kosten herzustellen sind als die aufklappbaren Hallen. Ihr Erfinder gibt diese Schwierigkeit gewissermaßen selbst zu, indem er neuerdings vorschlägt, die aufklappbare Halle gleichzeitig auch drehbar auszuführen. Damit ergeben sich aber außerordentlich viel höhere Kosten wie bei einer gewöhnlichen drehbaren Halle, die in keinem Vergleich stehen dürften zu den relativ unbedeutenden Vorteilen, wenn solche überhaupt bestehen. Auch müßte erst erwiesen werden, daß die ganze Konstruktion betriebssicher und wetterfest herstellbar ist. Ohne Zweifel wird auch die Dacheindeckung starker Abnutzung ausgesetzt sein, wenn sie gleichzeitig für die Haltemannschaften beim Bergen des Schiffes als Rampe dienen soll. Die Erfindung nimmt den Vorteil des geringeren Platzbedarfes für sich in Anspruch; es muß aber bezweifelt werden, ob das bestrichene Terrain, das für das Drehen und Umklappen von der Halle entsprechend ausgeschachtet werden muß, als Landungsfeld in Frage kommt.

Eine weitere Spezialausführung stellt die schwimmende Halle dar, der gewissermaßen historische Bedeutung zukommt, weil sie für die Aufnahme der ersten Zeppelinschiffe zur Verwendung gelangte. Sie hat den Vorzug, sich selbsttätig in die Windrichtung einzustellen. Die Annahme aber, daß sie dadurch ebenso wie die drehbare Halle auf festem Boden ein leichtes und gefahrloses Ein- und Ausbringen der Schiffe ermöglicht, trifft nur in beschränk-

tem Maße zu. Denn der Widerstand, den der Unterbau im Wasser findet, sowie die Trägheit der Massen hat zur Folge, daß die Halle nur sehr langsam dem Drehen des Windes folgt. Auf dem Wasser ist es aber viel schwieriger, das Schiff seitlich so zu halten, daß es stets in Richtung der Halle liegt. — Die Tatsache, daß die Zeppelinwerft schon seit langem von ihrer Verwendung abgekommen ist, beweist wohl zur Genüge, daß sie ihre großen Schattenseiten hat. Zum Manövrieren des Schiffes, sowie auch mit Rücksicht auf das Einfrieren ist eine ausgedehnte Wasserfläche erforderlich. Auf derselben entwickelt sich aber bei einigem Wind eine Wellenbildung, die sich auch den die Halle tragenden Pontons mitteilt. Die Folge davon sind, ganz abgesehen von den bei der Montage sich ergebenden erheblichen Schwierigkeiten, sehr starke Beanspruchungen der Halle, denen die Verbände auf die Dauer nicht gewachsen sind, falls nicht die ganze Konstruktion zu schwer und unrentabel werden soll. Weiter bringt die Verankerung auf einem See eine außerordentliche Erschwerung des Verkehrs mit sich: täglich müssen die Mannschaften mit Booten von und zur Arbeit gebracht werden; alles Material, insbesondere die große Anzahl Gasbehälter, die bei einigermaßen regem Fahrbetrieb gebraucht werden, müssen auf Pontons umgeladen und an die Halle herangeschleppt werden. Alle diese Umstände lassen eine schwimmende Halle als Fahrhalle nicht geeignet erscheinen; aber auch für Bauzwecke kann sie nicht in Frage kommen, da sich die für ein rentables Arbeiten erforderlichen geräumigen Werkstätten nicht in der wünschenswerten Weise angliedern lassen. Es ist daher nicht unbegründet, wenn von der Anlage schwimmender Hallen neuerdings vollkommen Abstand genommen wird.

Mehrfach ist nun der Vorschlag gemacht worden, eine drehbare Halle auf dem Lande nicht mittels Laufwagen und Schienen auf feste Fundamente zu stützen, sondern auf Pontons, welche in einem Bassin von kreisförmiger Grundfläche schwimmen.

Die Konstruktion der Halle selbst ist in beiden Fällen im Prinzip die gleiche; irgendwelche Vorteile zugunsten der schwimmenden Anordnung bestehen nicht. Die Erfindung hätte also nur dann Wert, wenn die Pontons und das erforderliche Bassin billiger herstellbar wären oder eine bessere Drehbarkeit gewährleisteten, als die Laufwagen mit den hierfür erforderlichen Fundamenten.

Das Gewicht der drehbaren Halle in Biesdorf beträgt, soweit bekannt, 1200 t. Zum Tragen einer derartigen, nach heutigen Begriffen kleinen Halle wären also schon zwei Pontons von ca. 650 t Wasserverdrängung erforderlich; das gäbe bei 25 m Länge Pontons von etwa 6,5 m Breite und 4 m Tiefe. Das Bassin müßte einen entsprechenden größeren Querschnitt haben; es müßte ausgemauert werden, damit der Wasserstand in genügender Höhe gehalten werden kann und Vorsorge getroffen werden, daß das Wasser nicht einfriert, um die Drehbarkeit auch im Winter zu sichern.

Es liegt auf der Hand, daß ein derartiges Bassin teurer wird als ein einfaches Betonfundament und die Pontons teurer als die aus Blechen und Winkeln zusammengenieteten Laufwagen. Eine bessere Drehbarkeit derartiger Hallen ist nicht zu erwarten und würde auch kein Äquivalent für die Mehrkosten einer solchen Ausführung gegenüber der bisherigen bieten, die sich stets ausgezeichnet bewährt hat.

Wichtiger als die vorerwähnten Spezialtypen sind besonders für militärische Zwecke und eventuell auch für Ausstellungszwecke transportable Hallen. Dieselben werden in erster Linie folgenden Anforderungen zu entsprechen haben:

1. Möglichst geringes Gewicht, um die Halle leicht mit der Bahn an die gewünschten Plätze schaffen und die einzelnen Bauteile ohne besondere Hebevorrichtungen oder dergleichen mit einfachen Mitteln verladen und am Aufstellungsorte transportieren zu können.

2. Einfachste Konstruktion, um die Montage auch mit nicht geschulten Mannschaften in möglichst kurzer Zeit vornehmen zu können.

3. Hinreichende Widerstandsfähigkeit der einzelnen Verbandteile gegenüber den wiederkehrenden Beanspruchungen bei Transport und Montage.

4. Wind- und Wetterfestigkeit des ganzen Bauwerks zum Schutze des Luftschiffes.

Die Forderung möglichst einfacher und leichter Konstruktion führt naturgemäß zur Verwendung feststehender Längshallen, für deren Aufstellung zur Windrichtung dieselben Grundsätze maßgebend sind wie für ortsfeste Hallen. Für die Dach- und Wandverkleidung kommt des geringeren Gewichtes und der schnellen

Aufstellbarkeit wegen in erster Linie Segeltuch in Frage, welches so ausgespannt wird, daß ein gutes Ableiten des Windes und damit eine möglichst geringe Beanspruchung der Halle erreicht wird. Kommt ein Versetzen nur relativ selten in Frage, so kann statt des Segeltuchs auch eine Holzverschalung mit Ruberoideindeckung genommen werden. Diese ist dann zweckmäßig in Form einzelner, in sich steifer und transportfähiger Tafeln auszuführen, welche nach erfolgtem Zusammensetzen an den Stoßfugen mittels schmaler Ruberoidstreifen gegeneinander abzudichten sind.

Die Konstruktion des Hallengerippes wird wesentlich dadurch beeinflußt, daß die Binder ohne die sonst üblichen Hilfsgerüste, Aufzugvorrichtungen usw. mit einfachsten Mitteln aufgestellt werden müssen. Zwei verschiedene Methoden sind bisher zur Anwendung gelangt. Bei der einen von der Firma Behrens & Kühne, Oschersleben angewandten Methode werden an Stelle der Wandstützen hohe, aus Mannesmannröhren zusammengesetzte Masten aufgerichtet und je zwei zusammengehörige durch Drahtseile untereinander verbunden sowie nach außen abgestagt. Außerdem werden natürlich die einzelnen Mastenpaare der Länge nach gegeneinander verspannt und durch Diagonalen gegen Verschiebungen gesichert. Die aus starkem, imprägniertem Segeltuch bestehende Eindeckung wird nun an den Masten hochgezogen und nach dem Prinzip einer Hängebrücke von den Hängeseilen derart getragen, daß sich eine nach beiden Seiten schräg abfallende Dachform ergibt. — Diese Konstruktion ist vor allen Dingen für den Feldgebrauch geeignet, da sie sich in der äußerst kurzen Zeit von 1 bis 2 Tagen aufstellen läßt.

Die zweite vom Ballonhallenbau Charlottenburg angewandte Ausführungsform ist in der ganzen Bauart solider gehalten und mehr für längere, Monate hindurch dauernde Verwendung am jeweiligen Aufstiegsort bestimmt. Sie besitzt Fachwerksbinder wie bei festen Hallen; diese sind jedoch unter ausschließlicher Verwendung von Schraubenbolzen aus einzelnen Bauteilen zusammengesetzt, welche transportfähig und in sich stabil hergestellt sind. Die Montage erfolgt nun direkt vom Boden aus in der Weise, daß zunächst die beiden oberen am First zusammenstoßenden Elemente der einzelnen Binder aufgerichtet werden. Nachdem ihre Fußpunkte provisorisch durch Zugstangen untereinander verbunden sind, werden sie auf einer Seite durch Flaschenzüge, welche an

ca. 6 m hohen Böcken aufgehängt sind, so weit gehoben, daß sich der nächste Bauteil anmontieren läßt. Danach wird die gegenüberliegende Seite um den Fußpunkt dieses Bauteils gekippt und so weit gehoben, daß man hier weiter montieren kann und so fort. Nebenher geht das Einsetzen der Diagonalverbände und event. auch das Aufbringen der Dachleinewand, die entsprechend dem Fortschreiten der Montage vom First aus fortlaufend abgerollt werden kann. Der größeren Dauerhaftigkeit wegen ist jedoch meistens statt der Leinewand Holzverschalung gewählt worden.

Neuerdings ist noch eine weitere Konstruktion transportabler Hallen, »System Ermus«, bekannt geworden, auf die der Vollständigkeit halber hingewiesen sei. Ein näheres Eingehen auf dieselbe ist wegen des beschränkten zur Verfügung stehenden Raumes nicht angängig.

Sieht man von dem Spezialfall der transportablen Hallen ab, so bleiben von praktischer Bedeutung im Wesentlichen nur die Längshallen mit einer oder zwei Ausfahrten in fester oder drehbarer Anordnung. Von beiden Ausführungen bietet die drehbare die weitaus günstigsten Vorbedingungen für das Ein- und Ausfahren der Schiffe. Sie ist also dort am Platze, wo es bei Aufstellung einer einzelnen Halle darauf ankommt, möglichst unabhängig von Wind und Wetter zu jeder Zeit auch mit wenig Leuten ein- und ausfahren zu können. In erster Linie wird dies bei Militärluftschiffen gefordert. Aber auch bei Passagierluftschiffen bedeutet jeder Ausfall an Fahrten nicht unerhebliche Verluste, da die Einnahmen fortfallen, während der größere Teil der Unkosten bis auf die Ersparnis an Betriebsstoffen bestehen bleibt. Und schließlich wird nicht selten der Fall eintreten, daß Schiffe während der Fahrt vom Sturm überrascht werden. In diesen Fällen ist es besonders wichtig, ein — wenn auch weitgezogenes Netz von Häfen zu haben, in denen die Luftschiffe bei jedem Wetter Unterschlupf finden können.

Die drehbare Konstruktion bedingt aber erhebliche Mehrkosten, welche nicht gerechtfertigt sind, wenn obige Forderungen des unbeschränkten Ein- und Ausfahrens in anderer Weise mit geringerem Kostenaufwand erfüllt werden können, oder wenn von einer Halle aus relativ selten Aufstiege gemacht werden, die womöglich noch ohne wesentlichen Nachteil bis zum Eintritt günstigerer Witterungsverhältnisse verschoben werden können.

So z. B. werden von den Werfthallen aus nur relativ selten Fahrten unternommen und für diese Fahrten wird meistens schon mit Rücksicht auf die noch nicht erprobten Schiffsneubauten günstiges Wetter abgewartet. Ferner werden die Schiffe nie dauernd im Fahrdienst gehalten, sondern zur Überholung und Instandsetzung Wochen oder gar Monate hindurch außer Dienst gestellt. Auch dürfte, wenn erst eine größere Luftflotte zur Verfügung steht, ein Teil der Schiffe als Reserve beschafft und nur zu größeren Manövern und im Mobilmachungsfalle in Betrieb genommen werden. In allen diesen Fällen wird eine feststehende Halle wegen der bedeutend geringeren Anlagekosten rentabler sein. Auch die Betriebskosten stellen sich geringer, da weniger der Abnützung ausgesetzte Teile vorhanden sind und der Stromverbrauch für das Drehen (das bei der Biesdorfer Halle auch außerhalb der Fahrzeit erfolgte) in Fortfall kommt. Die feste Halle hat weiter den Vorzug, daß sich die Toranlagen, Bau- und Reparaturwerkstätten sowie die sonstigen Nebengebäude einfacher und zweckmäßiger angliedern lassen, und daß Straßen, Gleise, Gas- und Benzinleitungen in einfachster Weise und auf kürzestem Wege zugeführt werden können. Wie in Abschnitt III erörtert, ist bei feststehenden Hallen auch der Geländebedarf am geringsten.

Einfache Hallen oder Doppelhallen.

Handelt es sich um größere Anlagen, bei denen mehrere Schiffe gleichzeitig unterzubringen sind, wie es jetzt bei dem mehr und mehr sich entwickelnden Überlandverkehr bei allen wichtigen Luftschiffhäfen häufig vorkommen wird, so entsteht die Frage, ob es zweckmäßiger ist, mehrere einfache Hallen in dieser oder jener Anordnung getrennt nebeneinander zu stellen, oder statt dessen Doppelhallen zu bauen.

Vorwiegend wirtschaftliche Vorteile dürften die Gründe dafür gewesen sein, daß man sich bis heute in solchen Fällen fast immer für Doppelhallen entschieden hat.

Naturgemäß wird eine Doppelhalle von beispielsweise 60 m Spannweite in der Herstellung billiger als zwei einfache, vollkommen voneinander getrennte Hallen von 30 m Breite. Die große lichte Weite begünstigt auch das Einfahren bei seitlichem Wind, da sie eine Einstellung der Schiffe schräg

zur Hallenrichtung gestattet; ist sie bereits mit einem Schiff belegt, so bleibt auch für ein später einfahrendes Schiff noch eine Breite von ca. 40 m verfügbar. — Es ist jedoch zu erwägen, ob man nicht mit denselben Kosten eine vorteilhaftere Anordnung erreichen kann. Eine überschlägliche Schätzung ergibt, daß für den Preis einer 200 m langen Halle von 60 m Spannweite unter Berücksichtigung der Mehrkosten der Toranlage ca. 250 m Länge einer Halle von 45 m Spannweite gebaut werden könnten. Wird in einer solchen Halle das zuerst einkommende Schiff bis an die geschlossene Giebelwand hineinverholt, so hat das zweite auf ca. 60 m Länge ebenfalls die volle Hallenweite zur Verfügung. Dadurch dürfte sich das Einfahren bei Seitenwind mindestens so günstig gestalten wie bei einer breiteren Halle, deren ganze Länge bereits von einem Schiff eingenommen wird. Nebenbei sei erwähnt, daß der vor den Schiffen verbleibende Platz zur Revision von Ballonhüllen, zur Aufstellung von Flugzeugen usw. sehr vorteilhaft ausgenutzt werden kann.

Besondere Beachtung erfordern aber noch die Verhältnisse bei Wind in Längsrichtung der Halle, mit dem bei einer Aufstellung in der Hauptwindrichtung doch häufiger zu rechnen ist als mit Seitenwind. Hier ist nun vielfach die Ansicht vertreten, daß auf der im Windschutz liegenden Einfahrtseite einer breiten Halle eine entsprechend breite ruhige Zone anzutreffen sei, welche ein sicheres Einfahren gestatten soll. Zur Begründung dieser Ansicht wird ausgeführt, daß die am Rande jedes Windschattens auftretenden Wirbel eine relativ geringe Breite haben, welche nur von der Windstärke, nicht aber von der Breite des Windschattens abhängig ist. Diese letztere Erwägung dürfte nicht ganz von der Hand zu weisen sein; aber es muß angezweifelt werden, ob man daraus obige Schlußfolgerung ziehen darf. Die Tatsache, daß die am Rande eines Windschattens vorhandene Wirbelzone nur eine relativ geringe Ausdehnung besitzt, läßt sich auch in der Form ausdrücken, daß der an der Hallenwand vorbeistreichende Wind hinter der Halle nur bis zu einem gewissen geringen Grade abgelenkt werden kann. Daraus geht zunächst schon hervor, daß ein außerhalb der Hallenmitte einseitig einfahrendes Schiff auch nur auf einer Seite vom Luftstrom getroffen wird, so daß eine gleichmäßige, beiderseitige Führung von vornherein nicht zu erwarten ist.

Reicht nun weiter die seitliche Ablenkung des Windes nicht aus, um den hinter der Halle in der sog. ruhigen Zone fraglos vorhandenen Unterdruck auszugleichen, so muß dieser Ausgleich von oben her erfolgen, d. h. die Luft stürzt in Form von Fallböen herunter, die dem Schiff sehr übel mitspielen können. Wäre dem nicht so, dann müßten auch die längst wieder abgeschafften Windschutzwände ein ideales Mittel zur Schaffung ruhiger Zonen bilden; auch müßte man bei Seitenwind die Schiffe in Lee der Halle sicher verankern können, bis sich der Wind gedreht hat. Jeder Luftschiffer weiß aber, daß die Luft hier keineswegs ruhig zu nennen ist. (Vgl. auch die früheren Ausführungen auf Seite 20 bis 21.) —

Auf Grund dieser Erwägungen erscheint eine besonders lange Halle von 45 m Breite vorteilhafter als eine 60 m breite Halle von normaler Länge.

Geht man mit der Breite noch weiter herunter, etwa bis auf 35 m, so haben wir dieselben günstigen Verhältnisse, wie bei der einfachen Drehhalle (Seite 72) beschrieben; denn jede Drehhalle ist ja im Moment des Einfahrens als feststehende Halle zu betrachten. Allerdings entfällt nun natürlich die Möglichkeit, zwei Schiffe unterzubringen, so daß man zwei vollkommen getrennte Einzelhallen nehmen muß. Hiergegen ist nur der Einwand zu erheben, daß die Anlagekosten höher ausfallen und daß das Einfahren bei Seitenwind, das immerhin nicht selten notwendig wird, sich erheblich schwieriger gestaltet.

Dagegen besteht ein großer Vorzug in der erhöhten Sicherheit gegen Feuers- und Explosionsgefahr. Die Praxis hat bewiesen, daß die Möglichkeit eines Feuerausbruchs keineswegs so selten gegeben ist. Mehrfach traten schon beim Einfüllen und Entleeren des Wasserstoffs Stichflammen auf; ein anderes Mal entzündete sich Benzin, das zum Reinigen von Motorteilen benutzt wurde. Alle diese Fälle hatten erhebliche Beschädigungen und mehrfach sogar völlige Zerstörung der betroffenen Schiffe sowohl wie des sonst in der Halle untergebrachten Materials zur Folge. Hätten sie sich in einer mit zwei Schiffen belegten Doppelhalle ereignet, so wären wohl sicherlich jeweilig beide Schiffe ein Raub der Flammen geworden. — Im Kriegsfalle kommt noch die Gefahr der Zerstörung durch Bomben aus feindlichen Luftfahrzeugen hinzu. Die hierbei immer vorliegende gegenseitige Gefährdung der Luftschiffe bedeutet einen bedenklichen Nachteil der Doppelhallen.

Auch sind sie wegen der größeren Dachfläche leichter zu treffen, als einzelne kleinere Hallen.

Eine gewisse Sicherheit gegen Feuersgefahr kann in einer Doppelhalle wohl dadurch geschaffen werden, daß sie in der Mitte eine *längslaufende Zwischenwand* erhält. Damit wird aber der Vorteil des günstigeren Einfahrens bei Seitenwind hinfällig. Denn wir haben jetzt tatsächlich zwei Einzelhallen mit einer gemeinsamen Mittelwand, die allerdings billiger herstellbar sind als zwei getrennt stehende Hallen, weil eine Reihe Wandstützen samt der zugehörigen Ausmauerung und Fundierung in Fortfall kommt. Wird aber auf die Sicherheit der Anlage besonders Wert gelegt und auch ein Schutz gegen Explosionsgefahr verlangt, so empfiehlt es sich unter allen Umständen, vollkommen getrennte Einzelhallen in einigem Abstand voneinander zu errichten.

Dieselben Überlegungen gelten in noch höherem Maße für die *drehbaren Hallen*, weil diese viel größere Werte repräsentieren. Ebenso sind die Erörterungen über das Ein- und Ausfahren bei Winden in Längsrichtung der Halle ohne weiteres auf Drehhallen zu übertragen, während die Seitenwinde, welche bei festen Hallen eine große Breite erfordern, hier unberücksichtigt bleiben können. Es sind also nach obigen Ausführungen zwei einfache, schmale Drehhallen einer Doppeldrehhalle vorzuziehen, soweit das Einfahren der Schiffe und die Feuersicherheit der Halle in Frage kommen. — Hinsichtlich der Baukosten stellen sie sich nicht viel ungünstiger, da die enormen Gewichte einer Doppeldrehhalle große Aufwendungen für die Fundierungen erfordern. Dagegen verlangen zwei einzelne Drehhallen erheblich mehr Gelände: um ein ungehindertes Ein- und Ausfahren zu ermöglichen, müssen sie in einem Abstand von mindestens 450 m voneinander errichtet werden. Dadurch ergeben sich wieder Schwierigkeiten bezüglich der Übersichtlichkeit der Anlage, der Versorgung mit Betriebsmitteln usw. Auch würden zwei auf einem großen Gelände vollkommen frei stehende Drehhallen aus der Höhe sehr leicht zu erkunden sein, — ein Nachteil, der übrigens jeder einzelnen Drehhalle schon anhaftet.

Vorstehende Überlegungen führen also zu dem Schluß, daß die Aufgabe, für mehrere Schiffe in einem Hafen günstige Fahr- und Unterkunftsbedingungen zu schaffen, weder durch die Aufstellung mehrerer gleichartiger Einzelhallen noch auch durch die

Verwendung von Doppelhallen — mögen sie nun fest oder drehbar sein — in vollauf befriedigender Weise gelöst wird.

Die Doppelhallen haben — um das Ergebnis unserer Betrachtungen noch einmal kurz zusammenzufassen — die Nachteile, daß bei Winden in ihrer Längsrichtung das Einfahren nicht günstig vonstatten geht, daß ein Schiff das andere im Fahrbetrieb stört und daß bei Feuerausbruch oder Beschießung aus feindlichen Luftfahrzeugen stets mit einem Verlust zweier Schiffe samt der kostspieligen Hallenanlage zu rechnen ist. Diese Nachteile können nicht wettgemacht werden durch den Vorteil der etwas geringeren Herstellungskosten gegenüber zwei einfachen Hallen gleicher Bauart. — Zwei einfache feste Hallen vermeiden zwar die vorerwähnten Nachteile; jedoch ist gegen sie einzuwenden, daß das Einfahren bei seitlichen Winden schwierig, ja bei größerer Windstärke unmöglich ist. In dieser Hinsicht zeigen sich zwei einfache drehbare Hallen wesentlich überlegen. Sie erfordern aber wieder ein sehr großes Hafengelände, wodurch sich im Verein mit den hohen Hallenbaukosten eine außerordentlich teuere Anlage ergibt. Auch ist dieselbe infolge der unbedingt erforderlichen Aufstellung auf einem ringsum freien Platze von oben her sehr leicht auszukundschaften und daher im Ernstfalle sehr gefährdet.

Das Bestreben muß also dahin gehen, eine Anlage zu konstruieren, welche die Vorzüge der verschiedenen Hallentypen in sich vereinigt unter gleichzeitiger Vermeidung ihrer Schattenseiten. Es liegt nahe, dieses Ziel durch die Kombination einer drehbaren Halle mit festen Hallen anzustreben.

Eine solche Kombination kann nun entsprechend einem von der A.-G. Buß & Co., Wyhlen in Baden, ausgehenden Vorschlag in der Weise geschaffen werden, daß die Drehhalle unmittelbar vor einer oder mehreren festen Hallen auf den verlängerten Achsen derselben aufgestellt wird, so daß nach Gegenüberstellen der Einfahrtsöffnungen ein gefahrloses Überführen der Schiffe aus einer Halle in die andere erfolgen kann. Diese Anordnung ist der Aufstellung einer Drehscheibe vor den Lokomotivschuppen nachgebildet und bietet unstreitig manche Vorzüge. Die festen Hallen können an einem Waldrand eine gegen Erkundung gedeckte Aufstellung erhalten, und zwar in einem solchen Abstand voneinander, daß einer gegenseitigen Gefährdung bei Feuerausbruch in aus-

reichendem Maße vorgebeugt wird. Durch Hinzunahme weiterer fester Hallen kann eine derartige Anlage jederzeit vergrößert werden, während die Angliederung von Drehhallen an bereits bestehende wegen des Platzbedarfs und des Anschlusses von Werkstätten, wegen Gas- und Benzinzufuhr usw. auf erhebliche Schwierigkeiten stößt. Die Kosten für eine drehbare und zwei feste Hallen zusammengenommen stellen sich erheblich niedriger als diejenigen einer Doppelhalle oder gar zweier einfacher Drehhallen; gegenüber letzteren ist auch der Geländebedarf wesentlich geringer.

Dabei können im Notfalle sogar drei Schiffe untergebracht werden. Im allgemeinen jedoch soll die Drehhalle nicht belegt sein, sondern sie dient ausschließlich dazu, das Ein- und Ausfahren der Schiffe aus den festen Hallen zu vermitteln, sie »durchzuschleusen«. Aus diesem Grunde können die Drehhallen, die ihrer Aufgabe entsprechend nun auch als Schleusenhallen bezeichnet werden, in der Ausführung einfacher und leichter gehalten werden. Jegliche Innenausrüstung und alle Nebenräume kommen in Fortfall; auch auf die Abdichtung gegen Regen und Schnee braucht man für den kurzen Moment des Durchschleusens keinen besonderen Wert zu legen. — Als Schleusenhalle können einfache Drehhallen mit und ohne Boden Verwendung finden; jedoch erscheinen die Hallen ohne Boden besonders geeignet, weil bei ihnen die Ausschachtung in Wegfall kommt, und weil sie in der Herstellung billiger sind als die Bodenhallen, während die vorher gegen sie angeführten zahlreichen Nachteile bei vorliegendem Verwendungszweck fast durchweg hinfällig werden. Sie sind aber zweckmäßig mit Torverschlüssen auf beiden Stirnseiten zu versehen, so daß bei ungünstiger Windrichtung maximal eine Drehung von 90° zu beschreiben ist.

Das Ein- und Ausfahren gestaltet sich bei einer solchen Anlage auf der den festen Hallen abgewandten Seite über einen Umkreis von ca. 200° ebenso einfach wie bei jeder freistehenden Drehhalle. Einen Sektor von etwa 60° nehmen zwei feste Hallen ein unter Einrechnung eines gegenseitigen Abstandes von 25 bis 30 m. Dieser Sektor wird in die Hauptwindrichtung zu legen sein, also im allgemeinen von der Drehhalle aus gesehen etwa südwestwärts. — Haben wir nun Winde aus Nordost-Richtung, so kann ein Luftschiff nicht gegen den Wind in die Drehhalle einfahren. Diesem Übelstand ließe sich bei ausreichend verfügbarem Gelände wohl

dadurch abhelfen, daß die festen Hallen auch auf der Rückseite Tore erhalten, so daß die Schiffe hier direkt eingebracht werden können. Diese in Fig. 14 bereits veranschaulichte Anordnung bedingt aber erhebliche Mehrkosten; auch ist hierbei eine gedeckte Aufstellung kaum durchführbar. Man wird sich also schon lieber damit abfinden, in diesem relativ selten eintretenden Falle auf der Luvseite in die Drehhalle einzufahren, was bei einigermaßen stetigen Winden nicht übermäßig riskant ist.

Wenn die Drehhalle in einem spitzen Winkel zur Torebene der festen Hallen steht, so kann hier ein Aufstauen des Windes erfolgen, so daß er durch den verbleibenden Zwischenraum mit erhöhter Geschwindigkeit und mit abgelenkter Richtung austritt und nun dem einfahrenden Schiff in die Flanke fällt. Praktische Erfahrungen liegen mangels vorhandener Ausführungen nicht vor. Jedenfalls kann aber eine übermäßig störende Beeinflussung kaum auftreten, da die Giebelflächen der festen Hallen, welche die Stauung und Ablenkung hervorrufen, nur eine Breite von ca. 35 m haben, und da die Luft sowohl vor als auch zwischen den Hallen nach außen abfließen kann.

Bedenklicher erscheint der Umstand, daß die in den festen Hallen untergebrachten Schiffe vollkommen von dem Funktionieren der Drehhalle abhängig sind. Eine in Friedenszeiten etwa eintretende Betriebsstörung wird sich zwar wohl stets, nachdem einmal hinreichend Erfahrungen im Bau von Drehhallen vorliegen, auf kleine Defekte beschränken, welche in kurzer Zeit zu beheben sind; hiervon ist also eine empfindliche Störung des Fahrbetriebes kaum zu befürchten. In Kriegszeiten tritt aber die Möglichkeit hinzu, daß die Schienenkränze und Fundamente oder auch die Drehhalle selbst durch Bomben beschädigt werden. Damit würde sie nicht nur als Schleusenhalle unbenutzbar, sondern in den meisten Fällen dürften gleichzeitig auch die festen Hallen derartig versperrt werden, daß die Schiffe, wie beim Versagen der Schleuse einer Hafeneinfahrt, weder ein- noch ausfahren könnten.

Bei dem in Fig. 15 bereits zur Darstellung gebrachten System »Busch« kann die Schleusenhalle aus dem Bereich der festen Hallen seitlich verschoben werden. Die Gefahr einer Blockierung derselben ist hier also wesentlich geringer; gleichzeitig wird erreicht, daß die Luftschiffe aus jeder Richtung gegen den Wind einfahren können. — Jedoch ergeben sich wiederum neue Nachteile.

welche darin bestehen, daß die Längsverschiebung ganz erhebliche Mehrkosten erfordert, daß sie eine Komplizierung bringt, welche sehr leicht zu Betriebsstörungen Anlaß geben dürfte, und vor allen Dingen derartig viel Zeit in Anspruch nimmt, daß zwei Schiffe nur in einem Zeitraum von etwa zwei Stunden nacheinander ausfahren können. Dieser Umstand dürfte allein schon die Verwendung des Systems für Häfen, von denen aus in erster Linie Fahrten unternommen werden sollen, vollkommen ausschließen.

Eine andere Möglichkeit, die Zugänglichkeit der festen Hallen unter allen Umständen zu wahren, besteht darin, die Wände der Schleusenhalle zum Umklappen einzurichten. Da es lediglich darauf ankommt, gegen seitliche Winde Schutz zu schaffen, kann auf die Anbringung eines Daches verzichtet werden, wodurch die Anlage wesentlich vereinfacht und verbilligt wird. Wir erhalten also eine aus drehbarem Boden und niederklappbaren Wänden bestehende Bergungseinrichtung, wie sie in Abschnitt IV bereits beschrieben wurde. Diese bietet gegenüber den geschlossenen Schleusenhallen den Vorteil, daß sie geringere Anlagekosten erfordert und ein direktes Einfahren in die festen Hallen ohne weiteres zuläßt, wenn sie selbst beschädigt wird oder wenn sich bei günstiger Windrichtung ihre Benutzung erübrigt. Landet ein Schiff, so findet es nur eine ebene Plattform vor, deren Längsachse in Windrichtung eingestellt ist. Das Landungsfeld wird also bedeutend weniger behindert und kann deswegen kleiner gehalten werden. Auch kann ein Luftschiff aus jeder beliebigen Richtung gegen den Wind auf die Plattform gebracht werden; hier wird es dann an den aufgerichteten Seitenwänden gefesselt und nach erfolgtem Einschwenken des Drehgestells zwangläufig überführt.

Gewiß würden sich bei Inbetriebnahme einer derartigen Einrichtung noch mancherlei Schwierigkeiten ergeben, welche überwunden werden müssen. Da aber alle sonstigen bisher bekannten Ausführungen eine einwandfreie Lösung der für die Weiterentwicklung der Luftschiffahrt so wichtigen Frage des gesicherten Ein- und Ausfahrens noch nicht bringen, so muß es als dringend erwünscht bezeichnet werden, auch die Bergungseinrichtungen auf ihre Verwendbarkeit praktisch zu erproben. Bewähren sie sich, so können sie in allen Häfen, in denen zwei oder mehr Schiffe unterzubringen sind, die kostspieligen Drehhallen ersetzen. Sie lassen sich weiterhin zur vorübergehenden Aufnahme von Schiffen ver-

werten, welche auf Überlandflügen Zwischenlandungen unternehmen, sei es zur Nachfüllung von Betriebsstoffen, zum Abwettern eines Sturmes oder dgl.

Ziehen wir nun aus unseren Betrachtungen das Resümee, so kommen wir zu folgendem Schluß: An die meistgefährdeten Stellen, also an die Front, gehören, um möglichst wenig auf eine Karte zu setzen, kleine Anlagen und zwar sind diese am besten mit einfachen Drehhallen auszurüsten, welche den Aufklärungsschiffen ermöglichen, im Mobilmachungsfalle sofort ohne Rücksicht auf Wind und Wetter aufzusteigen. Für die zur Unterbringung der Reserveschiffe weiter landeinwärts zu errichtenden Hauptstationen dagegen ist die Anlage fester Hallen vorzuziehen, weil sie bedeutend rentabler ist. Durch geeignete Bergungsvorrichtungen, die tunlichst für mehrere feste Hallen auszunutzen sind, kann auch hier die Möglichkeit zu einem ungefährdeten Ein- und Ausfahren geschaffen werden. Auch läßt sich durch Wahrung eines genügenden Abstandes zwischen den einzelnen Hallen für ausreichende Sicherheit sorgen, wie sie bei der Größe der Anlage und bei den Werten, die auf dem Spiele stehen, unerläßlich ist. Die für die Reparatur und den Neubau sowie für das Auflegen der Luftschiffe außerhalb der Fahrperiode erforderlichen Hallen lassen sich in gleicher Weise anschließen.

Abschnitt VI.

Festlegung der lichten Maße und Durchbildung des Profils.

Ist der Hallentyp dem jeweiligen Verwendungszweck entsprechend gewählt, so ergibt sich als nächste Aufgabe die Festlegung der lichten Maße und insbesondere des Profils der Halle.

Es ist hierbei auszugehen von den Abmessungen der größten Luftschiffe, deren Bergung in Frage kommt. Dabei kann nicht genug betont werden, daß man sich nicht darauf beschränken darf, die Abmessungen der b e s t e h e n d e n Luftschiffe zugrunde zu legen, sondern daß auch die zu erwartende künftige Entwicklung ausreichend berücksichtigt werden muß. Die Seeschiffahrt gibt auch hierfür zahlreiche Beispiele, aus denen man seine Lehren

ziehen sollte. Wie häufig sind nicht Docks und Schleusenanlagen gebaut worden, die sich schon wenige Jahre nach Inbetriebnahme als zu klein erwiesen. Das Profil des Nordostseekanals beschränkte jahrelang den Tiefgang der Schiffe, so daß unsere Kriegsflotte an Qualität der einzelnen Schiffe gegenüber den großen Dreadnoughts des Auslandes stark ins Hintertreffen geriet. Eine Vergrößerung des Kanalprofils wurde dadurch auf die Dauer unvermeidlich und erforderte nun natürlich weit größere Summen, als wenn die Abmessungen von vornherein reichlicher bemessen wären.

Wie steht es nun in der Luftschiffahrt? Die Anfänge des Hallenbaues spiegeln auch hier getreulich die ursprünglich zaghafte Entwicklung des Luftschiffbaues wieder; sollte an einem Orte ein Schiff vom Parsevaltyp stationiert werden, so wurde eine Halle errichtet in solchen Dimensionen, daß sie das fragliche Schiff gerade zu fassen vermochte; und war an anderer Stelle ein Z.-Schiff unterzubringen, so wurde auch hier, man kann fast sagen, um das Schiff herum eine Halle gebaut, die in Länge, Breite und Höhe nur wenige Meter Spielraum gewährte. Niemand ahnte, mit welchen Riesenschritten der Luftschiffbau sich in den nächsten Jahren entwickeln sollte und niemand glaubte, daß schon sehr bald ein reger Überlandverkehr die verschiedenen Schiffstypen bald in diese, bald in jene Station führen würde. So entstanden Hallen, die ihrer ganzen Abmessungen wegen zur Aufnahme moderner Luftschiffe kaum noch verwendungsfähig sind.

Fehlt es nur an der L ä n g e , so wird sich ein Anbau in den meisten Fällen ohne Schwierigkeiten ausführen lassen; es braucht nur die Giebelwand demontiert und nach Einfügen eines Zwischenstücks neu aufgerichtet zu werden. Auch der Torbinder läßt sich bei einer Verlängerung vorrücken; jedoch sind hiermit größere Unkosten verknüpft, weil u. a. die umfangreichen Fundamente für die Torführungen aufgegeben werden müssen.

Die Wahl eines zu kleinen Profils bedeutet aber im allgemeinen einen nicht wieder gutzumachenden Fehler. Es kann daher nicht dringend genug angeraten werden, die Breiten- und Höhenmaße groß genug zu wählen. — Wie leicht die Weiterentwicklung der Luftschifftypen unterschätzt wird, dürfte daraus hervorgehen, daß das älteste Luftschiffbauunternehmen sich bei der erst vor wenigen Jahren erfolgten Anlage der mit allen Vollkommenheiten ausgerüsteten Werft mit einer Halle begnügte, die bei 43 m

Breite nur 20 m Höhe aufwies (Fig. 42). Dieses Maß muß nach heutigen Begriffen entschieden als zu klein bezeichnet werden; es dürfte auch — soweit bekannt — die Konstruktion der Z.-Schiffe insofern beeinflussen, als im Gerippedurchmesser bei der üblichen Anordnung von Laufsteg und Gondeln nicht über 15 m hinausgegangen werden kann. — Von dieser einen Ausnahme abgesehen, haben fast alle älteren Hallen schon mit Rücksicht auf die Schiffe mit unstarrer Gondelaufhängung eine Höhe von 24 bis 25 m erhalten, die zur Unterbringung der heutigen Luftschiffe noch ausreicht, zumal da das Halten des Schiffes in der Vertikalen beim Einfahren keine besonderen Schwierigkeiten bereitet. Es ist aber zu bedenken, daß für das Abwiegen des Schiffes in der Halle, das Revidieren des Gerippes mittels fahrbarer Gerüste etc. ein Spielraum über dem Schiffskörper von ca. 2 m erwünscht ist. Da die S. L.-Schiffe jetzt schon bei ca. 23000 cbm eine Höhe von 23 m besitzen und mit der Erbauung größerer Schiffe von 30 bis 35 000 Kubikmeter in allernächster Zeit gerechnet werden muß, und da ferner neuerdings größere Abstände der Motoren vom Schiffskörper für erforderlich erachtet werden, so sollte eine Halle keinesfalls niedriger als 28 m gebaut werden; noch vorteilhafter erscheint eine Höhe von 30 m.

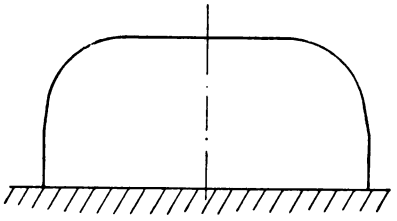


Fig. 42.

Wie in der Höhe, so glaubte man zunächst auch in der Breite mit einem Spielraum von drei bis vier Metern neben dem Schiffskörper auszukommen und gab den Hallen daher auch eine lichte Weite von nur ca. 25 m (vgl. die Profilskizzen Fig. 43). Mehr noch als die deutschen fallen die französischen Hallen durch ihre geringe Breite im Verhältnis zur Höhe auf und verraten dadurch, dß bei ihrer Erbauung die Luftschiffahrt noch sehr in den Anfängen steckte. Man mußte ja zufrieden sein, wenn die Schiffe nur bei den günstigsten Windverhältnissen aufstiegen und dafür reichten die gewählten Abmessungen jedenfalls aus.

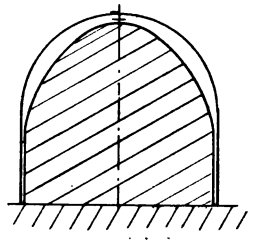


Fig. 43.

ndbar sein, so müssen
bei ungünstigen Wind-
wie in einem früheren
len Dingen ein größerer
icht die Halle drehbar
lium der Entwicklung
ankfurt und Kiel.

atent zugrunde liegen,
des Hallenprofils nach
den vorausgegangenen
i konstant bleibender
ch in dieser Form wird
irklicht werden. Denn

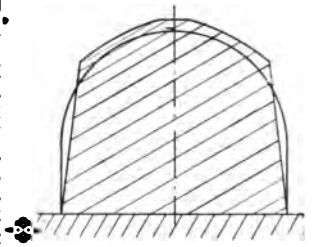


Fig. 44.

che Halle von besonders
atürlich recht günstige

allgemeinen zwei Schiffe
weites einfahrende Luft-
mindestens so groß ist
zwei Schiffe bestimmte
von 55/60 m erhalten,
en gewählt zu werden
wie bereits auf S. 105
on 45 m beizubehalten
re Länge zu wählen.
g von Breite und Höhe
s dem Hallenbaukon-
en das Lichtraumprofil

und der Schiffsquerschnitt miteinander in Einklang gebracht werden, falls die ganze Breite überhaupt ausnutzbar sein soll. Da bei den S. L.-Schiffen die Mitte des Gerippes ca. 14/15 m über Unterkante Gondeln liegt und diese während des Einfahrens etwa ½ m über dem Boden gehalten werden, so muß auch mindestens bis zu 15 bis 16 m Höhe die volle Hallenbreite gewahrt bleiben; ebenso muß die als notwendig erachtete Gesamthöhe nicht nur in Mitte Halle, sondern bis auf einen Abstand gleich etwa dem halben Schiffsdurchmesser von den Wandstützen aus innegehalten werden. Die Übergangskurve zwischen Dach und Seitenwand hat annähernd dem Gerippequerschnitt zu entsprechen. Bei den Hallen für die Z.-Schiffe wurde diese Forderung nicht eingehalten, weil der Schiffskörper wegen der Propeller nie bis an die Seitenwand herangebracht werden durfte. Jedoch sollte man erwarten, daß mindestens die staatlichen und staatlich subventionierten Hallen für alle Schiffstypen gleich günstige Vorbedingungen bieten. In dieser Beziehung wurde bisher schon recht viel gesündigt. Als Beispiel diene das Profil einer Doppelhalle, die, wie aus Fig. 45 ersichtlich, trotz ihrer Höhe von 28 m zur Aufnahme zweier S. L.-Schiffe kaum noch geeignet ist, obwohl dies bei gleichen Abmessungen durch eine etwas günstigere Formgebung des Profils leicht hätte erreicht werden können. — Weiter war bei Besprechung der Ein- und Ausfahrvorrichtung gezeigt, daß der seitliche Winddruck um so günstiger aufgenommen wird, je größer der Abstand der Laufschienen ist. Von diesem Gesichtspunkte aus erscheint es ratsam, die Wandstützen an der inneren Gurtung senkrecht nach unten oder besser noch nach außen zu führen (vgl. Fig. 46), keinesfalls aber nach dem Halleninneren zu verbreitern (Fig. 47). Derartige schräg einwärts laufende Streben haben sich auch sonst für den Verkehr in der Halle, das Fahren mit mechanischen Leitern usw. als sehr hinderlich erwiesen.

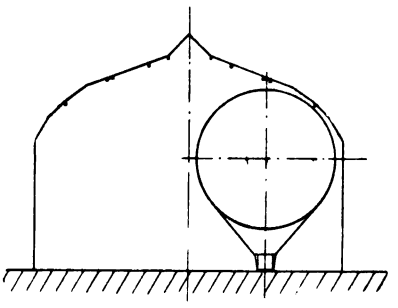


Fig. 45.

Eine selbstverständliche und dennoch häufig vernachlässigte Forderung besteht darin, daß keinerlei Bolzenköpfe oder sonstige scharfe Ecken oder Kanten in das lichte Profil hineinragen dürfen. Verschiedentlich sind dadurch schon die Hüllen verletzt worden, was dann bei Prallschiffen jedesmal eine völlige Entleerung zur Folge hatte. Man sollte also darauf bedacht sein, als Umgrenzung des lichten Profils möglichst der Länge nach ununterbrochen durchlaufende Flächen vorstehen zu lassen, an denen ein einfahrendes Schiff entlang gleiten kann, wenn schon eine Kollision mit dem Dach nicht zu vermeiden ist. Als solche können bei richtiger Anordnung die I-Laufkatzenträger dienen, oder es kann auch eine Wegerung aus längslaufenden glattgeholten Brettern unter den

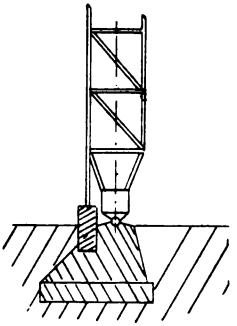


Fig. 46.

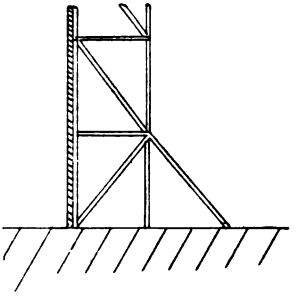


Fig. 47.

Binderuntergurten befestigt werden. — Eine vollständige Verschalung an Innenkante Binder, wie sie bei einer Halle in Johannisthal durchgeführt wurde, bietet zwar eine noch bessere Anlagefläche; sie ist aber sehr teuer und behindert das Anbringen von Hängegerüsten, Flaschenzügen etc. — Bei Benutzung einer Schienenführung kann jedoch ein Anstoßen am Dach kaum vorkommen.

Der Vollständigkeit halber sei dann noch die bei ausländischen Hallen mehrfach anzutreffende Anordnung eines Grabens zur Aufnahme der Gondeln erwähnt. Sie ist insofern motiviert, als praktisch für das Einfahren neben den Gondeln naturgemäß nur derselbe Spielraum benötigt wird, der neben dem Schiffsgerippe verfügbar ist. Außerdem wird an Hallenhöhe gespart, was an Grabentiefe gewonnen wird; bei 3 m Tiefe bedeutet das pro Binderfeld von

8 m Länge eine 24 qm große Windangriffsfläche, die an einem Hebelarm von 25 bis 30 m Höhe wirkt. Wir erhalten also eine leichtere und billigere Konstruktion der Halle; auch an der Höhe der Gerüste, die seitlich für Arbeiten am Gerippe, Außenhülle etc. häufig gebraucht werden, wird entsprechend der Grabentiefe gespart. Von Wichtigkeit ist ferner, daß die Halteleinen für die seitliche Führung des ein- und ausfahrenden Schiffes eine günstigere Richtung erhalten. Selbstredend erfordert aber die Ausschachtung sowie die unumgänglich notwendige Verschalung der Böschungswände nicht unbeträchtliche Kosten; ferner wird der Verkehr auf dem Platze und in der Halle durch den Graben behindert. Eine derartige Anordnung ist in Deutschland nur in einem Falle zur Ausführung gekommen, und zwar hier deswegen, weil als Landungsplatz ein Terrain diente, welches von vornherein ca. 4 m tiefer lag als das übrige Gelände, auf dem die Halle steht. Hier war also die Ausschachtung eines Grabens vom Landeplatz aus in die Halle hinein schon an sich das Gegebene.

Abschnitt VII.

Abschluß der Einfahrtsöffnungen.

Wir entnehmen den Ausführungen des vorausgegangenen Abschnittes, daß vor allen Dingen die Rücksichten auf ein gesichertes Ein- und Ausfahren das Profil einer Halle bestimmen. Es ist daher besonders wichtig, daß dieses Profil an der Einfahrtsöffnung selbst vollkommen freigehalten und nicht durch vorstehende Teile eingeengt wird. Anderseits muß nach erfolgtem Einfahren ein Abschluß geschaffen werden, der gegen alle Unbilden der Witterung einen zuverlässigen Schutz bietet. Die Rücksicht auf geringe Betriebskosten verlangt hierbei, daß das Öffnen und Schließen der Einfahrt mit wenig Leuten und in möglichst kurzer Zeit erfolgen kann.

Wenn man bedenkt, daß die neuen Hallen ein Profil von 28 bis 30 m Höhe und 32 bis 35 m lichter Weite und die Doppelhallen gar eine Spannweite von 60 m erhalten, so erhellt ohne weiteres, daß die konstruktive Aufgabe keineswegs so leicht zu lösen war, zumal ähnliche im Hochbau bisher kaum gestellt wurden. Es ist daher

begreiflich, wenn man bei den ersten Hallenbauten, die in eine Zeit fielen, in der man die künftige Entwicklung der Luftschiffahrt noch keineswegs übersehen konnte, nicht an die äußerst kostspieligen und unerprobten Torkonstruktionen heranging, sondern sich mit den in der Herstellung weit billigeren Segeltuchvorhängen begnügte. Heute gelangen diese jedoch bei neuen festen Hallen kaum noch zur Verwendung, ein Beweis, daß sie sich in der Praxis nicht bewährt haben. Vor allen Dingen ist ihre geringe Lebensdauer zu beanstanden. Manche schlechte Erfahrung, die mit den Vorhängen gemacht wurde, dürfte jedoch auf nicht immer sachgemäße Konstruktion und Behandlung zurückzuführen sein.

Da sie für drehbare Hallen, bei denen sie immer im Windschutz liegen, ferner für transportable Hallen sowie auch Provisorien, wie z. B. Ausstellungsbauten immer ihre Bedeutung behalten werden, so dürfte es sich verlohnen, mit einigen Worten auf ihre Konstruktion einzugehen.

Das größte für den Abschluß durch Segeltuchvorhang in Frage kommende Hallenprofil wird vielleicht eine Höhe von ca. 26 m und eine lichte Breite von ca. 35 m haben. Es bedeutet dies immerhin schon eine Fläche von über 900 qm; da mit Winden von 25 m pro Sek. gerechnet werden muß, denen ein Winddruck von etwa 75 kg pro qm entspricht, so ergibt sich eine auf den Vorhang wirkende Gesamtlast von fast 70000 kg. . Diese Last erzeugt nun eine um so größere Beanspruchung, je straffer der Stoff gespannt wird. Ist überhaupt kein Durchhang vorhanden, so ergibt sich theoretisch eine unendlich große Kraft. Es ist deshalb verfehlt, den Vorhang zu straff anzuspannen; man muß ihm vielmehr einen nicht zu geringen Durchhang von etwa 2 bis 3 m gestatten, damit die Beanspruchungen nicht zu groß werden. Nun ist aber jedes Segeltuch im Laufe der Jahre stark der Verwitterung ausgesetzt, zumal wenn es dauernd im Freien hängt und bald durchnäßt wird und bald wieder trocken; daher ergibt sich auch eine mit der Benutzungsdauer stark abnehmende Festigkeit. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, die aus dem Winddruck resultierenden Spannungen von vornherein nicht durch den Stoff aufzunehmen, sondern durch Drahtseile, die zum Schutze gegen ein Durchscheuern des Vorhanges in Segeltuch eingenäht sind. Handelt es sich um kleine Profile, so mag es vielleicht genügen, nur zwei sich kreuzende Diagonalen anzubringen. Empfehlenswerter ist es jedenfalls, um eine

bessere Unterteilung der Stofffläche zu erreichen, außerdem noch eine Anzahl Seile zu spannen, und zwar horizontal, um die Last nicht auf den Dachbinder, sondern auf die Wandstützen zu übertragen. Der Stoff selbst beult sich nun im belasteten Zustand von einem Drahtseil zum andern durch, zumal er eine große Dehnung besitzt, und überträgt damit die auf jedes einzelne Feld entfallende Last auf die Seile, während er selbst bedeutend weniger beansprucht wird. Fällt aber der Wind schräg oder stoßweise ein, so hat dieses Durchhängen leicht ein starkes Schlagen des Stoffes zur Folge, wodurch dann ein Einreißen an den Stellen eintreten kann, an denen die Halteleinen angreifen. Um dies nach Möglichkeit zu vermeiden, kann man außer den inneren auch zwei äußere Diagonalen anbringen, so daß der Stoff zwischen beiden nur noch geringe Bewegungsfreiheit besitzt. Man kann weiter besonders in der schlechten Jahreszeit, in der ein Öffnen und Schließen des Vorhanges nur selten in Frage kommt, diese beiden Paare von Diagonalen an der Kreuzungsstelle durch einen im Vorhang anzubringenden Schlitz hindurch miteinander verbinden und von hier aus ein Seil senkrecht zur Vorhangebene nach einem Verankerungsring ausspannen. Die hierdurch erzielte Unterteilung der Drahtseillängen hat zur Folge, daß auch diese und damit ihre Befestigungsstellen an den Hallenbindern bedeutend weniger beansprucht werden.

In der Mehrzahl der Fälle sind die Vorhänge zweiteilig ausgeführt. Für ihre Befestigung an der Halle sind im wesentlichen zwei Methoden zur Anwendung gelangt. Erfolgt sie im oberen Teil am Binder, so muß der Vorhang zum Öffnen der Halle schräg nach oben gezogen werden. Dazu ist immerhin schon eine Anzahl von Leuten notwendig, da das Gewicht jeder einzelnen Hälfte bei Verwendung kräftigen Stoffes mindestens 350 bis 400 kg beträgt und die Reibung der Seile in den Führungen sehr groß ist. Außerdem kann bei dieser Methode an den Wandstützen nur eine lose Befestigung mittels Reihleine erfolgen, was leicht ein Durchscheuern zur Folge hat. — Besser hat sich in der Praxis die zweite Methode bewährt, bei welcher der Vorhang an der Innenkante der Wandstützen befestigt wird, während er oben an kleinen Laufrollen hängt, die zwischen Schienen geführt sind. Auf diese Weise läßt sich jede Hälfte leicht und mit wenig Leuten mittels doppelt anzubringender Reffseile zur Seite ziehen Das Vorholen erfolgt durch entgegen-

gesetzt laufende Hanfseile, welche beim Ausbringen eines Schiffes ebenso wie die ganze Drahtseilverspannung losgenommen werden müssen. Unten wird meistens eine Reihleine durch Ringe oder Seilrollen geschoren, die am Stoff und an der Bodenschwelle befestigt sind. Es ist darauf zu achten, daß auch beim Durchbeulen des Stoffes nirgendwo ein Reiben an scharfen Ecken und Kanten eintreten kann; ebenso muß die Befestigung an den Laufrollen hinreichende Beweglichkeit zulassen.

Bei aller Sorgfalt in der Konstruktion und Konfektionierung wird ein Vorhang wohl nie länger als drei Jahre verwendet werden können. Voraussetzung ist dabei noch, daß er sorgfältig gewartet und jeder kleinste Schaden sofort repariert wird, um ein Weiterreißen zu verhüten. Es besteht aber immer die Gefahr, daß er einem kräftigen Sturm zum Opfer fällt und daß dann also die Halle offen steht. — Dabei ist die Bedienung eines Vorhanges, insbesondere das Lösen und Wiederbefestigen der vielen Hanf- und Drahtseile erheblich umständlicher als die Bedienung eines Tores und erfordert immerhin schon einigermaßen angelernte Leute, während man an die Kurbeln zum Aufdrehen eines Tores jeden beliebigen Mann stellen kann.

Zieht man alle diese Faktoren in Rechnung, so wird sich ein Vorhang trotz seines niedrigen Anschaffungswertes von ca. M. 5000 auf die Dauer mindestens ebenso teuer stellen wie ein festes Tor, dessen Anlage vielleicht M. 40 000 bis 50 000 kostet.

So erklärt sich denn auch die eingangs erwähnte Tatsache, daß Vorhänge für feste Hallen neuerdings nie mehr verwendet worden sind. Man ist vielmehr allgemein zur Anlage von Toren übergegangen, für die zurzeit bereits zahlreiche erprobte Ausführungsformen vorliegen.

Auf die konstruktive Durchbildung im einzelnen einzugehen, fällt nicht in den Rahmen dieser Arbeit. Den Luftschiffer interessieren vielmehr bei einer Toranlage folgende Punkte: erstens ein leichtes und schnelles Öffnen und Schließen, zweitens eine etwaige Unterstützung oder Behinderung des Ein- und Ausfahrens. Dazu kommt ferner die wirtschaftliche Frage, ob eine Toranlage im Falle einer Vergrößerung des Hafens den unmittelbaren Anschluß weiterer Hallen gestattet.

Bei der ersten Forderung sprechen insbesondere auch die Einflüsse der Temperatur von Gas und Luft auf die Tragfähigkeit der

Schiffe mit. Die Lufttemperatur wird je nach der Isolierung, welche die Wandflächen bieten, in der Halle nicht die extremen Werte erreichen, wie auf dem Platze; auch wird die Temperaturänderung gegenüber derjenigen der äußeren Luft stets etwas nachhinken. So z. B. wird praktisch häufig der Fall eintreten, daß bei Aufstiegen in den frühen Morgenstunden die Luft in der Halle um einige Grad wärmer ist als draußen. Das Gas, das in der Halle die gleiche Temperatur angenommen hat wie die Luft, wird sich also nach dem Herausbringen des Schiffes abkühlen; das heißt: die vorher prall gefüllten Zellen werden schlaff werden und das Schiff wird infolgedessen, da eine nochmalige Nachfüllung nicht angängig ist, nicht seine unter den gegebenen Verhältnissen größte erreichbare Nutzlast aufweisen. Will man diesen Übelstand vermeiden, so muß dafür gesorgt werden, daß das Gas vor dem Nachfüllen dieselbe Temperatur annimmt wie die Außenluft; d. h. die Halle muß sehr zeitig und — geringerer Betriebskosten wegen — mit wenig Leuten geöffnet werden können, b e v o r die Nachfüllung beginnt. — Umgekehrt ist ein Schiff, das tagsüber von einer Fahrt zurückkehrt, auf dem Landungsplatze häufig starker Strahlung ausgesetzt. Da nun nach erfolgter Landung die während der Fahrt wirksame Ventilation in Fortfall kommt, so steigt die Gastemperatur oft ganz beträchtlich über die Lufttemperatur hinaus und führt schließlich zum Abblasen, wenn das Schiff lange auf dem Platze liegen muß. Auch die unter diesen Umständen häufig auftretenden Sonnenböen sind dem Schiff nicht dienlich und verlangen ein möglichst schnelles Einfahren in die Halle. Anderseits wird man diese besonders dann, wenn noch ein zweites Schiff darin liegt, nicht zu früh öffnen wollen, um in derselben eine möglichst niedrige Lufttemperatur zu halten. In vielen Fällen wird sich auch die Landung gar nicht so früh voraussehen lassen, besonders wenn sie noch während der Dunkelheit erfolgt oder wenn es sich um eine Notlandung handelt. Ebenso muß ein Schiff, das wegen aufkommenden Sturmes oder Gewitters niedergeht, möglichst schnell in die Halle geborgen werden können.

In den Bauvorschriften für auszuführende Toranlagen wird daher im allgemeinen gefordert, daß auch noch bei einem Winddruck von etwa 15 kg/qm ein Öffnen des Tores innerhalb längstens 10 Minuten erfolgen kann. Selbstverständlich muß es sich öffnen lassen, solange sich überhaupt Schiffe in der Luft halten

können. In der Regel wird vorgeschrieben, daß ein Tor im geöffneten Zustand einem Winddruck von 75 kg pro qm standhalten soll, was einer Geschwindigkeit von etwa 25 m pro Sek. entspricht. Die Bewegung der Tore erfolgt in vielen Fällen von Hand, bei größeren Anlagen durch Elektromotore und zur Reserve von Hand.

In geöffnetem Zustande kann das Tor dazu ausgenutzt werden, dem einfahrenden Schiff Windschutz zu bieten und damit das Verholen zu erleichtern. — Es sei an dieser Stelle auf den Unterschied in der Wirkung einer sog. Windschutzwand gegenüber der geöffneter Tore hingewiesen. Selbstverständlich ergeben sich hinter einem Tor genau dieselben Wirbel wie hinter einer Schutzwand. Im einem Falle soll aber das Schiff parallel zur Windschutzwand, also senkrecht zur Windrichtung liegen; im anderen Falle in der Windrichtung. Während also hinter einer Längswand das ganze Schiff auf einer Seite den Wirbeln dargeboten ist, wird hinter einem Tor nur ein kleiner Teil und zwar auf beiden Seiten nahezu gleichmäßig getroffen. Der größere Teil des Schiffes liegt aber außerhalb der Wirbelzone im gleichmäßigen Luftstrom. Die Verhältnisse sind also denen hinter einer drehbaren Halle vergleichbar.

Am besten wird nun dieser Windschutz durch ein Drehtor geboten, das tunlichst so auszubilden ist, daß jeder Flügel um volle 180° gedreht werden kann. Je nach Bedarf läßt sich dann der zu Luv gelegene Flügel senkrecht zur Windrichtung einstellen, während der leewärtige soweit beigeklappt wird, daß er das einfahrende Schiff in keiner Weise gefährdet. Selbst bei quer einfallendem Wind werden auf diese Weise bei einem 15 bis 18 m breiten Torflügel noch ca. 10% des Lateralplanes abgedeckt, bei Wind von vorne jedoch bedeutend mehr. Durch Fig. 20 bis 22 ist dies bereits veranschaulicht.

Bei sehr breiten Hallen ergibt sich aber eine außerordentlich große Windangriffsfläche, so daß die Abstützung der Tore Schwierigkeiten bereitet. Man hat daher in einzelnen Fällen jeden Torflügel nochmals unterteilt und die beiden Torviertel entweder zunächst hintereinander geschoben und dann gedreht, oder aber während des Aufdrehens gleichzeitig zusammengefaltet. Von beiden Ausführungsformen ist man in letzter Zeit abgekommen. Vielmehr gelangen bei den Doppelhallen neuerdings immer Schiebetore zur Anwendung, die bei großen Breiten billiger herstellbar

sind als Drehtore. Die Verschiebung der Torhälften kann dabei in der Torebene erfolgen oder auch in einem Winkel dazu, und zwar auf gerader oder bogenförmiger Bahn. Im letzteren Falle ergibt sich eine trichterförmige Erweiterung der Halleneinfahrt und damit ähnlich wie bei einem Drehtor ein geeigneter Windschutz. Die Torstellung ist jedoch zwangläufig und kann der Windrichtung nicht angepaßt werden. Steht der Wind quer zur Halle, so genießt infolgedessen das im Winde liegende Schiff in der Anfangsstellung keinerlei Schutz, da der feststehende Torflügel auf der Leeseite ein Heranrücken an die Halle nicht zuläßt.

Bei einem Tor mit Verschiebung der einzelnen Teile in der Torebene entfällt der Windschutz fast vollkommen, insbesondere dann, wenn zur Verminderung der Windangriffsfläche eine mehrfache Unterteilung vorgesehen ist. Erfolgt aber die Verschiebung nur in zwei Hälften, so ist vielfach noch eine Abstützung durch ein Führungsgerüst geschaffen. Dieses Führungsgerüst kragt entweder — bei seitlicher Verschiebung — frei über oder es wird noch von einem besonderen »Torturm« gehalten, wie es bei Verschiebung der Flügel im Winkel zum Torbinder mehrfach ausgeführt ist. In den meisten Fällen wirkt es architektonisch unschön und bietet eine gewisse Gefahr für das aufsteigende und landende Luftschiff, welcher respektvoll ausgewichen werden muß.

Alle vorstehend beschriebenen Schiebetore haben ferner den Nachteil, daß sie bei einer Vergrößerung der Hafenanlage die unmittelbare Angliederung einer neuen Halle an die bereits bestehende nicht zulassen. Auch in der Hinsicht stellt sich ein Drehtor günstiger. Außer diesem kann in Fällen, wo auf eine Erweiterung Rücksicht genommen werden muß, eventuell noch ein Falttor in Frage kommen. Dasselbe besteht aus zahlreichen senkrechten Teilflächen, welche durch Gelenke miteinander verbunden sind und sich daher beim Zusammenschieben faltenartig übereinanderlegen. Da es angeblich nur ein geringes Gewicht besitzt, und eine Führung außerhalb der Halle fortfällt, so ließe es sich auch für drehbare Hallen verwerten, für die man sich bisher mit Segeltuchvorhängen begnügte.

Abschnitt VIII.

Bauausführung und Einrichtungen zur Unterbringung der Luftschiffe.

Schutz gegen äußere Einwirkungen.

Hat ein Luftschiff den kritischen Moment des Einfahrens glücklich überwunden, so soll es in der Halle in erster Linie vor den Unbilden der Witterung Schutz finden. — Die amtlichen Vorschriften über die anzunehmenden Belastungen und Beanspruchungen der Baustoffe, denen alle Hochbauten genügen müssen, bieten an sich schon eine Gewähr für die Erfüllung der selbstverständlichen Forderung der Standsicherheit einer Halle bei jedem Wind und Wetter. Den gleichen Vorschriften unterliegen natürlich auch die Tore, wenn sie geschlossen sind. Bei Segeltuchvorhängen wird nicht wie sonst vorgeschrieben, mit einem Winddruck von 125 bzw. 150 kg zu rechnen sein, weil der Stoff selbst einer aus diesem Druck sich ergebenden Spannung gar nicht gewachsen wäre. Hier ist also rückwärts aus der Zerreißfestigkeit des Stoffes die höchstmögliche Winddruckbelastung zu ermitteln. — Wird der Vorhang vom Sturm zerrissen, so kann der Wind in der offenstehenden Halle von innen unter das Dach fassen. Um ein Abheben desselben zu verhindern, muß für diese Fälle nach den Bauvorschriften mit einem von innen nach außen wirkenden Winddruck von 60 kg pro qm Dachfläche gerechnet werden. Insbesondere bei provisorischen Bauten, transportablen und Ausstellungshallen wird eine Nachprüfung dieses Punktes von Wichtigkeit sein. Ferner ist bei der Dimensionierung des Vorhangbinders zu berücksichtigen, daß die horizontal und diagonal hinter dem Vorhang ausgespannten Seile unter Umständen einen sehr starken, schräg einwärts gerichteten Zug ausüben, der durch geeignete Verbände aufgenommen werden muß.

Eine allen Anforderungen genügende Wetterfestigkeit und Wasserdichtigkeit muß insbesondere von der Dacheindeckung verlangt werden. Wird hierbei in Ausnahmefällen noch Segeltuch verwendet, so ist durch eine hinreichend steile Dachform für gutes Abfließen des Wassers zu sorgen; Eisenteile, die dem Rosten ausgesetzt sind, dürfen nicht mit dem Segeltuch in Berührung kommen; Durchführungen von Schrauben oder Bolzen sind ganz zu ver-

meiden, da sie sehr leicht zu Undichtigkeiten oder auch zu einem Einreißen des Stoffes Anlaß geben. — Dachpappe ist möglichst in doppelter Lage auf Holzverschalung zu verlegen. Für steile Flächen ist sie nicht geeignet, weil der Teeranstrich in heißer Jahreszeit heruntertropft, worauf dann leicht ein Einreißen der Pappe erfolgt. In solchen Fällen ist Ruberoid oder ein ähnliches Material vorzuziehen, das keines Teeranstriches bedarf.

Während die bisher erwähnten Eindeckungen für Holzhallen in Frage kommen, wird für eiserne Hallen neuerdings vielfach Asbestschiefer verwendet. Er wird in ca. 6 mm starken Tafeln von etwa 1,2 × 2,4 m Größe auf Eisensprossen verlegt und ermöglicht eine leichte Dachkonstruktion. Außerdem besitzt er den großen Vorzug der Feuersicherheit, die er beim Brande des L. Z. VI in Baden-Oos bewiesen hat. Offenbar muß aber sehr auf eine geeignete Befestigung der Platten geachtet werden; denn es ist vorgekommen, daß sie bei ungenügender Einspannung durch die vom Winde hervorgerufenen Vibrationen in der Nähe der Befestigungsschrauben allmählich Risse bekamen und dann in Scherben herunterfielen. Abgesehen davon, daß sich in solchen Fällen fortlaufende Reparaturen am Dach ergeben, die mit großen Unkosten verknüpft sind, kann durch herabfallende Scherben u. a. auch an einem darunterliegenden Luftschiff großer Schaden angerichtet werden. Insbesondere besteht die Gefahr einer Verletzung der kostspieligen Gaszellen, die in den meisten Fällen zu einer Entleerung derselben führt, wenn der Schaden nicht sofort bemerkt wird. Aus demselben Grunde wird für die Dachoberlichter stets Drahtglas verwendet, welches kittlos auf Sprossen verlegt wird.

Neben einer Eterniteindeckung kommen neuerdings in Kassettenform hydraulich gepreßte Bimsbetonplatten in Aufnahme, welche zwar schwerer sind als die Eternitplatten, aber weniger die Eigenschaft zeigen, sich zu werfen und dadurch Undichtigkeiten herbeizuführen. Außerdem ist mehrfach Wellblech verwendet worden, welches ebenso wie Eternit den Vorzug der Leichtigkeit und der Feuersicherheit hat. Beide Materialien werden auch für die Verkleidung eiserner T o r e verwendet und vereinzelt für S e i t e n w ä n d e. Im allgemeinen aber ist es üblich geworden, die Seitenwände und die geschlossenen Giebelwände eiserner Hallen in Einhalbsteinstärke auszumauern. Eine Ausnahme bilden natürlich die drehbaren Hallen, bei denen überall auf geringes

Gewicht gesehen werden muß, und daher auch eventuell nur eine ein viertel Stein starke eisenarmierte Ausmauerung angewendet wird. — Die Holzhallen dagegen erhielten bei den ersten Ausführungen an den Seiten- und Giebelwänden vorzugsweise eine Verschalung mittels senkrechter Bretter, die entweder gespundet waren oder mit Deckleisten benagelt wurden. Derartige Wände, die zum Schutze gegen die Witterung noch einen Karbolineum- oder Farbenanstrich erhalten, haben ein wenig schönes Aussehen und entsprechen, wenn sie bis auf den Boden herabreichen, auch keineswegs den Anforderungen der Feuersicherheit. Bei einer neueren Ausführung ist die Holzverschalung außen mit Asbestschiefer belegt; sie wird dadurch der unmittelbaren Einwirkung der Sonnenstrahlen entzogen, so daß ein Reißen und Schwinden der Bretter und die auf diese Weise hervorgerufenen Undichtigkeiten vermieden werden; auch sehen solche Wandflächen bedeutend schöner aus als eine gewöhnliche Holzwand. — Von der Stephansdachgesellschaft ist vorgeschlagen, anstatt die Schalung schräg an Außenkante Wandstützen herunterzuführen, eine leichte senkrechte Wand bis auf vielleicht 10 m Höhe aufzurichten und dann mit einem Pappdach von geringer Neigung an die Wandstützen heranzugehen. Von diesem Dach aus kann das Wasser durch Traufen und Abfallrohre gut abgeleitet werden, während es, an den schrägen Wandflächen entlangfließend, sehr leicht durch die Fugen ins Innere eindringt. Auch die Türen und Fenster lassen sich in der senkrechten Wand besser anordnen. Durch Verwendung guten Backsteinmauerwerks und durch sauberes Ausfugen läßt sich auf diese Weise auch ein sehr gefälliges Aussehen erreichen.

Insbesondere aber ist dadurch, daß die dünnen und womöglich noch geteerten Holzbretter schon in großer Höhe über dem Boden endigen, die Gefahr des Übergreifens eines entstehenden Feuers auf die Halle bedeutend gemindert. Damit entfällt einer der Haupteinwände, die gegen die Verwendung von Holz als Baumaterial für Luftschiffhallen erhoben werden. Denn die starken Rund- oder Kanthölzer, die für die Pfosten und Binder benutzt werden, halten einem ausbrechenden Feuer sicher ebensolange stand, als eiserne Träger, welche in der Glut des Feuers sehr bald ihre Festigkeit verlieren. Zudem läßt sich zum Schutze gegen die Entflammbarkeit des Holzes, das aus gleichen Rücksichten zweckmäßig vorher gehobelt wird, ein feuersicherer

Anstrich oder besser noch eine unter starkem Druck erfolgende und das Holz vollkommen durchdringende Imprägnierung anwenden. Daß die Spannweiten einfacher Luftschiffhallen durch hölzerne Binder moderner Konstruktion ohne Schwierigkeiten überbrückt werden können, ist durch zahlreiche Ausführungen bewiesen. Bezüglich seiner Lebensdauer steht Holz bei guter Konservierung dem Eisen kaum wesentlich nach; die Unterhaltungskosten dürften bei eisernen Bauten wegen der häufiger zu erneuernden Anstriche größer ausfallen als bei hölzernen. Dabei haben insbesondere die bogenförmigen Binder der Bauweise System »Stephan« ebenso wie verschiedene neuere Holzbauweisen ein sehr gefälliges Aussehen. Das Holz wird also in den Fällen, wo es auf schnelle Herstellung einer Halle mit möglichst geringen Mitteln ankommt, insbesondere also für Ausstellungs- und auch Bergungshallen voraussichtlich wohl immer seinen Platz behaupten.

Für dauernde feste Anlagen wird aber in neuerer Zeit fast stets eine Eisenkonstruktion gewählt, insbesondere für die großen Doppelhallen mit Spannweiten von 50 bis 60 m, sowie auch für die drehbaren Hallen. Wegen der größeren Festigkeit des Materials ergeben sich bei festgelegtem lichten Profil und gleichem Binderabstand geringere Stützenbreiten und damit eine kleinere Grundfläche. Auch ist bei der üblichen Herstellung der Wände in Eisenfachwerk mit Backsteinausmauerung die Feuersicherheit natürlich größer, als wenn bei Holzhallen die Verschalung bis auf den Boden herabgeführt wird.

Es kommt dann noch ein weiteres Moment hinzu, welches bei der Wahl des Baumaterials mitspricht, das ist die Isolierung gegen Temperaturschwankungen. — Soll ein Schiff zu einer Fahrt klar gemacht werden, so ist es, wie in Abschnitt VII näher erläutert, in vielen Fällen vorteilhaft, wenn die Temperatur in der Halle möglichst gleich derjenigen auf dem Aufstiegplatze ist, um Änderungen der Auftriebsverhältnisse zu vermeiden. Liegt aber ein Schiff außerhalb der Fahrzeit gefüllt in der Halle, so verlangt die Rücksicht auf die Konservierung der Gasfüllung, daß die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht möglichst gering sind. Kühlt sich das Gas zur Nachtzeit stark ab, so werden die Zellen schlaff. Durch den entstehenden Unterdruck wird die Diffusion begünstigt, d. h. es wird Luft in die Zellen eindringen und dadurch eine Verschlechterung des Gases

herbeiführen. Will man diesem Übelstand soweit als möglich vorbeugen, so müssen die Zellen spät abends und früh morgens prall gefüllt werden. Steigt aber die Temperatur um die Mittagszeit wieder stark an, so wird infolge der Ausdehnung eine erhebliche Gasmenge aus den Sicherheitsventilen ausströmen. In Abschnitt III war bereits darauf hingewiesen, welche Unkosten durch den Mehrverbrauch entstehen können, wenn die täglichen Temperaturschwankungen an einem Orte besonders groß sind. Diese Rechnung gilt unter der Voraussetzung, daß durch die Halle selbst eine Milderung der Schwankungen nicht herbeigeführt wird. Bei Hallen, deren Wände aus einfacher Holzverschalung bestehen und deren Einfahrt durch Segeltuchvorhänge abgeschlossen wird, ist dies praktisch auch der Fall. Entschieden günstiger verhalten sich in der Beziehung die gemauerten Wände, besonders wenn sie noch mit einer Hohlschicht versehen werden. Aber auch bei Holzverschalung und Eternit- oder Wellblechverkleidung läßt sich durch Anbringung einer zweiten inneren Verschalung eine solche isolierende Luftschicht schaffen. — Am günstigsten würde sich bezüglich des Wärmeschutzes fraglos eine Eisenbetonhalle verhalten. Sie würde auch gegen die Gefahr der Zerstörung durch Feuer oder durch Bomben eine größere Widerstandsfähigkeit besitzen als eiserne Hallen. Die beträchtlichen Mehrkosten, die ihre Herstellung erfordert, sind wohl in erster Linie der Grund dafür, daß eine Ausführung in Eisenbeton bis heute noch nicht vorliegt.

Natürlich kann die Isolierung des Halleninneren nur dann vollen Erfolg haben, wenn sie nicht nur bei der Ausführung der Wand- und Dachflächen, sondern auch bei der Anbringung und Ausführung der Fenster konsequent durchgeführt wird. Nur in einem Falle ist, soweit bekannt, ein besonders guter Wärmeschutz dadurch angestrebt worden, daß die Fenster doppelte Verglasung erhielten; in allen übrigen Fällen hat man sich mit der Ausführung einfacher Fenster begnügt. Jedoch wird zur Dämpfung des Lichtes stets Rohglas oder Mattglas verwendet, das auf den der direkten Sonnenbestrahlung ausgesetzten Hallenseiten vielfach eine gelbe oder rote Färbung erhält. Für die Fensterflächen im Dach wird, wie bereits erwähnt, stets Drahtglas genommen, um einer Beschädigung der Hüllen durch herabfallende Scherben vorzubeugen. Auch durch geeignete Anordnung der Fensterflächen ist dafür Sorge zu tragen, daß die Gaszellen möglichst wenig der

Strahlung ausgesetzt sind; denn gerade dadurch kann die Temperatur der Füllung und damit der Gasverlust beträchtlich verringert werden. Demgegenüber steht die Forderung einer möglichst gleichmäßigen Lichtverteilung, um bei Vornahme von Arbeiten am Schiffsgerippe, Gondeln, Motoren etc. überall eine ausreichende Helligkeit zu haben. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß der Schiffskörper selbst beträchtlichen Schatten wirft. Um also unter ihm genügend Licht zu schaffen, müssen die Fenster in den Seitenwänden schon etwa 3 bis 4 m über dem Boden beginnen und eine nicht zu geringe Ausdehnung in der Breite aufweisen. Große Helligkeit geben Fenster in den steilen Mansardenflächen des Daches; sie haben ferner den Vorzug, daß der Schnee sich nicht darauf ablagern kann, aber den Nachteil, daß die Sonnenstrahlen direkt auf den Schiffskörper fallen. Am häufigsten ist im Dachfirst ein Oberlicht angeordnet, das z. B. bei Doppelhallen den Raum zwischen zwei Schiffen sehr vorteilhaft beleuchtet und dabei, wenn es auf der ganzen Länge durchläuft, ein sehr gleichmäßig verteiltes Licht ergibt. Über die Größe der Lichtflächen gehen die Ansichten — nach den bisher ausgeführten Anlagen zu schließen — sehr auseinander. Fraglos muß vor allen Dingen eine Bauhalle eine reichliche Belichtung aufweisen. Aber auch die Fahrhallen dienen zum Auflegen und Instandsetzen der Schiffe und müssen daher ebenfalls ausreichend beleuchtet sein. Als Mittelwert kann eine Fensterfläche von 25 bis 30% der Hallengrundfläche angesehen werden, von welcher im allgemeinen der größere Teil (15 bis 20%) auf die Seitenwände entfällt.

In Verbindung mit dem Oberlicht ist für eine geeignete Lüftungseinrichtung zu sorgen, um vor allen Dingen die im obersten Teil des Dachfirstes sich ansammelnden Wasserstoffmengen, die aus den Ventilen abgeblasen werden, oder durch Diffusion entweichen, nach außen ableiten zu können. Zur Entlüftung dienen entweder im First aufgesetzte sog. Patentlüfter oder meistens Klappen, welche in den senkrechten Feldern zwischen Oberlicht und Dachfläche angeordnet werden und vom Laufsteg aus zu bedienen sind. Auch feststehende Jalousien kommen in Anwendung; jedoch muß bei ihrer Ausführung besonders darauf Bedacht genommen werden, daß Regen und Schnee nicht eindringen können. Außerdem pflegt man auch in den Seitenfenstern einzelne Felder zum Aufklappen oder besser zum Verschieben ein-

zurichten und zwar so, daß die Bedienung mittels Kettenzuges vom Boden aus erfolgen kann.

Der Fußboden muß hinreichend stark dimensioniert werden, um die größten in Frage kommenden Lasten mit Sicherheit tragen zu können. Es sind dies weniger die Zubehörteile des Schiffes selbst, als vielmehr z. B. Montageeinrichtungen wie die schweren Feuerwehrleitern, die wohl in jeder Luftschiffhalle im Gebrauch sind und hierbei viel hin- und hergefahren werden. Beispielsweise wurde der auf das Vorderrad entfallende Druck einer 25 m hohen Leiter in ungünstiger Stellung zu über 1000 kg ermittelt. Wird also ein Holzboden verwendet, so sind die Bodenlager in nicht zu großem Abstand zu verlegen und Dielen von genügender Stärke zu wählen. Für die Arbeitsplätze ist Holz entschieden vorzuziehen, da es wärmer ist und zu Boden fallende Arbeitsstücke weniger beschädigt werden. Ein Holzklotzpflaster ist aber sehr teuer und ein Dielenbelag auf die Dauer nicht sehr haltbar. Es spricht hierbei mit, daß in der Halle häufig beim Einfüllen des Ballastes, beim Abwiegen des Schiffes etc. sehr viel Wasser verschüttet wird. — Für feste Hallen wird daher meistens ein Betonfußboden gewählt, bestehend aus Betonschicht mit Zementauflage oder auch mit aufgelegten Zementplatten, welche bei Defektwerden leicht ausgewechselt werden können. Um überfließendes Wasser gut abzuleiten, kann dem Boden nach der Mitte zu Gefälle gegeben und unter dem Schiff eine auszementierte Rinne entlang geführt werden. Wichtig ist, daß vor Ausführung eines Betonfußbodens alle Leitungen, Schienenführungen, Verankerungsringe etc. festgelegt sind; bei einem Holzfußboden lassen sich derartige Einbauten auch nachträglich ohne allzugroße Mehrkosten vornehmen.

Lagerung des Schiffes und seiner Teile.

Jede Halle, in der ein Luftschiff untergebracht und auch außerhalb der Fahrperiode aufgelegt werden soll, muß nun für diesen Zweck mit einer Reihe von Einrichtungen versehen sein.

Hierher gehören zunächst Ankerringe, die an geeigneten Stellen vorne und hinten im Boden zu verlegen sind. Sie dienen zum Befestigen der Halteleinen des Schiffes als Sicherung bei Laufproben des Propellers bzw. gegen Auftriebsschwankungen. Ferner muß das Schiffsgerippe, wenn die Gaszellen entleert sind — dasjenige der Z.-Schiffe auch während des Fahrbetriebes — am Dach

aufgehängt werden können. Die aufzunehmende Last ist verhältnismäßig gering und verteilt sich mehr oder minder gleichmäßig auf die ganze Schiffslänge von 150 bis 160 m. Die Aufhängungspunkte richten sich nach den Abständen der Querringe des Schiffes. Bei den Z.-Schiffen betragen diese Abstände 8 m, und es ist üblich geworden, dementsprechend auch den Abstand der Hallenbinder zu wählen. Nun dürfte aber keineswegs festliegen, daß dieses Maß für alle Zeiten beibehalten wird. Es können sich andere Schiffstypen entwickeln mit anderen, variierenden Ringabständen. Daher dürfte es zweckmäßiger sein, den Binderabstand so zu wählen, wie er für die Hallenkonstruktion am rationellsten ist, und für die Aufhängung über dem Schiffskörper einen durchlaufenden Längsträger anzuordnen, der an jeder Stelle die Anbringung einer Gerippeaufhängung zuläßt. Bei den in Frage kommenden geringen Lasten von maximal vielleicht 2000 kg pro 10 m Länge ist dazu keineswegs eine besonders schwere Konstruktion erforderlich; auch kann sie gleichzeitig als Verbandteil der Halle verwertet werden. — Als Aufhängungsorgane dürften Hanfseilflaschenzüge am geeignetsten sein, da hieran entschieden besser als an Kettenzügen festgestellt werden kann, ob alle Aufhängungen gleichmäßig belastet sind. An dieselben können entweder direkt oder bei großer Höhe über dem Schiffskörper unter Zwischenschaltung eines Drahtseiles die bei Z.-Schiffen verwendeten dreieckigen Gestelle aufgehängt werden, welche den Schiffskörper an je zwei Ringknotenpunkten halten. Die S.-L.-Schiffe können in gleicher Weise aufgehängt werden; jedoch wurden bei ihnen bisher Gurte benutzt, welche unter dem Schiffskörper durchliefen und sich auf beiden Seiten in Drahtseilen fortsetzten. Diese Seile wurden am Dach über Leitrollen abwärts nach dem Hallenboden geführt und mittels Flaschenzügen steifgesetzt. — Die Hülle unstarrer Schiffe, wie z. B. des S.-S.-Schiffes wurde zur Revision und Montage ebenfalls am Dach aufgehängt, jedoch natürlich in viel kürzeren Abständen von vielleicht nur 1 m, um den Stoff möglichst wenig zu beanspruchen. Auch mit Rücksicht hierauf ist es also vorteilhafter, einen durchlaufenden Längsträger für die Aufhängung vorzusehen.

Während nun bei einer Außerdienststellung der eigentliche Schiffskörper in der Halle am Dach aufgehängt bleibt, wird man die übrigen Hauptbestandteile des Schiffes, insbesondere die wert-

vollen Hüllen und Motoren zum Zwecke der Revision herausnehmen und in geeigneten Räumen verwahren. Ursprünglich pflegte man die zwischen den Wandstützen verbleibenden Felder durch einen Drahtgitter- oder Lattenverschlag abzutrennen und als Magazinräume herzurichten. Besonders in den Holzhallen ergaben sich zwischen den Binderstützen vielfach Felder von 5 m Tiefe und 10 m Länge, die auf diese Weise ausgenutzt wurden. Die Erfahrung hat aber gelehrt, daß es unbedingt notwendig ist, diese Räume, soweit sie zur Lagerung wertvollen Materials dienen, feuersicher abzutrennen. Bricht dann in der Halle ein Feuer aus, so können nicht, wie es vorgekommen ist, auch noch die in den Magazinräumen untergebrachten Teile in Mitleidenschaft gezogen werden. — Für die verschiedenen Zubehörteile werden diese Räume noch wieder unterteilt und zwar hauptsächlich in ein Magazin für Hüllen und für Maschinenteile, während die feineren Instrumente wohl stets in den Bureauräumen verwahrt werden.

Das Hüllenmagazin muß gegen starke Strahlung geschützt, trocken und staubfrei sein. Vielfach wird gefordert, daß die Temperatur mit Rücksicht auf gute Konservierung der gummierten Stoffe nicht unter 4^0 sinken darf; doch sind hierüber die Ansichten geteilt. Die einzelnen Hüllen werden in Pläne eingeschlagen und zweckmäßig auf einem Lattenrost in genügender Höhe über dem Boden gelagert, so daß die Luft überall zirkulieren kann. Um die langgestreckten Teile bequem von der Seite einlegen zu können, sind diese Roste auf Konsolen an der Wand zu befestigen. Bei den schweren Hüllen unstarrer Motorluftschiffe sind auch endlose Seilbahnen zur Verwendung gelangt, die mittels verstellbarer Holzrolle und Kurbel angetrieben und in ein kräftiges Rahmengestell eingebaut werden. Die Hüllen werden dann auf der Schmalseite eingebracht und durch die in Bewegung gesetzte Stoffbahn über zahlreiche unterstützende Walzen auf große Längen von vielleicht 30 bis 40 m weitertransportiert.

Das Motorenmagazin wird rings an den Wänden geeignete Regale aufweisen, um die vielen kleinen Einzelteile in übersichtlicher Weise lagern zu können. Staubfreiheit und Feuersicherheit ist auch für diesen Raum erste Bedingung. — Die sonstigen Bestandteile eines Luftschiffes, wie Steuerapparate, Gondeln etc., werden, wenn sie nicht zur Vornahme von Reparaturen in die Werk-

statt wandern, schon wegen ihrer beträchtlichen Abmessungen in der Halle belassen werden.

Instandhaltung, Reparatur und Neubau.

An jede einer Fahrperiode folgende Außerdienststellung wird sich eine gründliche Revision aller Teile des Luftschiffes anschließen. Insbesondere bedarf das Schiffsgerippe mit seinen unendlich vielen Verstrebungen und Verspannungen eingehendster Überholung. Es dürfte wenige Fächer in der Technik geben, wo der Konstrukteur so sehr wie im Luftschiffbau darauf angewiesen ist, mit dem Material zu geizen und nach Formen von Trägern, Knotenpunktsverbindungen etc. zu suchen, bei denen jedes eingebaute Kilogramm Gewicht auch seinen Teil zur Festigkeit des ganzen Körpers beiträgt und jedes unausgenutzte Kilogramm sorgfältigst ausgemerzt wird. Dabei ist es ebensowenig wie bei einem im Seegange arbeitenden Wasserschiff angängig, die Beanspruchungen, denen ein Schiff im Kampf mit Böen und Unwetter ausgesetzt ist, in exakter Weise zu ermitteln. Auch bei Landungen können unter Umständen Kräfte auftreten, mit denen unter normalen Verhältnissen nicht zu rechnen ist. Wenn nun auch für alle diese Fälle durch eine vielfache Sicherheit gegenüber den rechnerisch ermittelten Beanspruchungen Vorsorge getroffen wird, so liegt doch immer die Möglichkeit vor, daß kleine Defekte auftreten, deren sofortige Beseitigung von Wichtigkeit ist. Auch während der Indiensthaltung ist nach jeder Fahrt eine Revision der Außenhülle, Steuerapparate etc. vorzunehmen, um einem Weiterumsichgreifen kleiner Schäden vorzubeugen. Für diese Zwecke muß das Luftschiff auf seinem ganzen Umfang und auf der ganzen Länge zugänglich sein.

Allgemein wird über dem Schiffskörper ein der ganzen Länge nach verlaufender Gang angeordnet. Er ist durch Treppen zu erreichen, die an den Giebelwänden und vielleicht auf halber Hallenlänge, bei neueren Anlagen auch in den Ecktürmen der Torbinder angeordnet werden. Vom oberen Laufsteg aus führt im allgemeinen auch ein Ausgang auf das Dach, wo ein Podest vorgesehen werden kann als Ausguck, als Stand für Scheinwerfer, Windmeßinstrumente etc. Natürlich darf der Laufsteg ebensowenig wie alle sonstigen festen Gerüste, Transporteinrichtungen etc. in das lichte Profil

hineinragen. Von ihm aus hat man einen Überblick über den oberen Teil des Schiffes und kann, wenn sich irgendwo Mängel zeigen, mittels Strickleiter auf den Schiffskörper gelangen oder auch auf Hängegerüste, die bei größeren Reparaturarbeiten von Fall zu Fall anzubringen sein werden. Da aber bei Außerdienststellungs- und Montagearbeiten zum Abnehmen der Außenhülle und zur Revision des Gerippes das Schiff überall erreichbar sein muß, so liegt der Gedanke nahe, diese Hängegerüste so einzurichten, daß sie auf der ganzen Länge verfahren werden können. Anderseits sind sie selbst so auszubilden, daß man von ihnen aus tunlichst den ganzen Umfang des Schiffes in der oberen Hälfte bestreichen kann. In der Mitte über dem Schiff ist die Gerippeaufhängung im Wege; das Gerüst ist deshalb zweiteilig auszuführen und jede Hälfte, um ein Kippen zu verhindern, an zwei Schienen aufzuhängen. Auf diese Weise ergibt sich für jedes unterzubringende Schiff die Anordnung von je zwei Schienen zu beiden Seiten des oberen Laufsteges. Ihr Abstand aus der Mitte hat dem Schiffsdurchmesser zu entsprechen und gleichzeitig der Binderkonstruktion sich anzupassen; er wird zweckmäßig etwa 4 m für die innere und 8 bis 10 m für die äußere Schiene betragen. Das Profil ist stark genug zu wählen, um bei dem gegebenen Binderabstand Einzellasten von je ca. 500/800 kg auf eine Belastungslänge von 8/10 m zu tragen. Die Rollen, an denen das Gerüst hängt, können entweder auf dem unteren oder auch dem oberen Flansch eines I- oder Doppel-U-Profils laufen; im letzteren Falle geht aber eine Höhe von ca. ½ m verloren, was bei Festlegung des Profils entsprechend zu berücksichtigen ist.

Bei älteren Hallenbauten wurden nicht nur oben, sondern auch seitlich zwischen den Wandstützen vielleicht 10 bis 12 m über dem Boden Laufstege angeordnet. Der Wert dieser Laufstege ist aber wohl überschätzt worden. Selbstverständlich hat man auch von dort aus einen Überblick über die Seiten des Schiffskörpers. Da aber die Rücksicht auf das Ein- und Ausfahren eine große Hallenbreite erfordert und das Schiff stets in der Mitte bzw. bei Doppelhallen auf ein Viertel der Gesamtbreite aufgehängt wird, so kann man von den seitlichen Laufstegen aus im allgemeinen den Schiffskörper nicht erreichen, sondern muß doch immer ein Gerüst vom Boden aus aufbauen. Zweckmäßiger sind jedenfalls diejenigen seitlichen Gerüste, welche innerhalb des lichten Profils an den

Wandstützen angebracht sind und beim Ein- und Ausfahren beigeklappt werden können.

Allen vorstehend beschriebenen Gerüsten haftet der Mangel an, daß sie sich den verschiedenen Schiffsformen bzw. den verschiedenen Querschnitten eines Schiffes zu wenig anpassen. Allerdings kann man den Hängegerüsten dadurch eine vielseitigere Verwendungsmöglichkeit geben, daß man sie nicht starr an den Laufkatzen am Dach aufhängt, sondern durch Drahtseile, welche über Winden laufen und dadurch wenigstens ein Einstellen des Gerüstes der Höhe nach zulassen. Aber an die zugeschärften Enden des Schiffes, an die Steuer- und Stabilisierungsflächen kann man auch dann noch nicht gelangen. Für solche Zwecke haben sich Feuerwehrleitern, welche sich auf eine Höhe von etwa 25 m ausziehen lassen, außerordentlich bewährt und geradezu unentbehrlich gemacht. Sie sollten daher in jeder Halle unbedingt verfügbar sein. Empfehlenswert ist es, außerdem noch einige kleinere ausziehbare Leitern oder versetzbare Gerüste von vielleicht 5 bis 8 m Höhe zu beschaffen, um auch an die unteren Schiffsseiten zu gelangen, wo die Ruderleitungen, Ventil- und Ballastzüge häufig eine Revision erforderlich machen und die Gas-, Wasser- und Benzin-Füllschläuche anzuschließen sind.

Ergeben sich nun bei der Revision des Schiffes kleinere Defekte, so ist es für die stete Fahrbereitschaft von Wichtigkeit, daß diese möglichst rasch beseitigt werden können. Es ist daher in solchen Fällen nicht angängig, erst Personal und Ersatzmaterial von der Bauwerft zu requirieren; vielmehr muß jede Luftschiffstation zur Vornahme kleinerer Reparaturen Gelegenheit bieten und daher mit dem notwendigsten Handwerkszeug, Werkbänken und möglichst auch einigen Werkzeugmaschinen ausgerüstet sein. Aus Rücksicht auf Feuersgefahr, auf die meist unvermeidliche Staubentwicklung, auf Heizbarkeit der Arbeitsräume und aus vielen anderen Gründen mehr empfiehlt es sich, die Werkstätten von der Halle durch feuersichere Wände abzutrennen. Die Anordnung derselben richtet sich nach dem verlangten Platzbedarf, sowie auch nach der Anordnung und Ausführung der Halle. Von den Bauwerften abgesehen, die natürlich besonders ausgedehnte Räume benötigen, sind auch in einzelnen Fahrhallen separate Gebäude zur Unterbringung geräumiger Werkstätten errichtet. Es ist dies wahrscheinlich weniger deswegen geschehen, weil es für die im Fahr-

betrieb vorkommenden Reparaturarbeiten notwendig war, als vielmehr, um für den unentbehrlichen Stamm von Arbeitern auch außerhalb der Fahrperiode durch Übernahme anderweitiger Arbeitsaufträge Gelegenheit zur Beschäftigung zu schaffen. Diese Nebengebäude werden zweckmäßig parallel zur Halle auf der vom Landeplatz abgewendeten Längsseite errichtet und zwar einige Meter von der Hallenwand entfernt. Hierdurch ist die Feuersicherheit erhöht und die Werkstätten erhalten auf beiden Seiten direktes Licht von außen. In der Halle stehen die Felder zwischen den Wandstützen und — wenn die Halle nur eine Ausfahrt besitzt — eventuell auch der Platz an der Giebelwand zur Verfügung. Bei Holzhallen, sowie auch bei eisernen von sehr großer Spannweite haben die Stützen am Boden eine Breite von 4 bis 5 m; hier ergeben sich also Felder, in denen man Werkstätten in der Größe, wie sie für Fahrhallen benötigt werden, im Anschluß an die früher bereits besprochenen Magazinräume ohne Schwierigkeit unterbringen kann.

Abschnitt IX.

Einrichtungen zur Versorgung der Luftschiffe.

Unter den Betriebsstoffen, mit denen ein Luftschiff während der Fahrperiode zu versorgen ist, nimmt der Wasserstoff die erste Stelle ein. In Abschnitt III war der jährliche Bedarf für ein starres Luftschiff heutiger Größe zu etwa 300 000 cbm ermittelt. Bei diesen großen Quantitäten ist die Wirtschaftlichkeit einer Anlage von einer rationellen Beschaffungsmöglichkeit des Wasserstoffs in hohem Maße abhängig.

Die zurzeit bekannten Verfahren zur Gewinnung von Wasserstoff als Hauptprodukt kommen, soweit die Wirtschaftlichkeit entscheidet, durchweg nicht in Frage, weil der Gestehungspreis viel zu hoch ist. Man ist also darauf angewiesen, das Gas als Nebenprodukt von chemischen Fabriken zu beziehen und zwar in Stahlbehältern, in denen es auf 150 bis 170 Atm. komprimiert wird. Die bisher allgemein üblichen Behälter von 35 l Wasserinhalt und 65 kg Eigengewicht fassen bei 170 Atm. ca. 5 cbm Gas. Nun soll die Neufüllung eines Luftschiffes — von Mobilmachungsfällen ganz abgesehen — stets in möglichst kurzer Zeit erfolgen,

damit die Gaszellen nicht schlaff bleiben und dadurch Luft saugen. Es müssen also für diesen Zweck ca. 5000 Behälter verfügbar sein, die jeweilig nach erfolgter Entleerung an das Gaswerk zurückgeschickt werden, um die pro Jahr benötigten 300 000 cbm in 60 000 Flaschenfüllungen heranzuschaffen. Es war an anderer Stelle bereits erörtert, daß ein Bahnanschluß für die Anfuhr dieser Unzahl von Gasbehältern geradezu unentbehrlich ist.

Aber selbst dann erfordert das Abladen und Transportieren zum Flaschenlager, das Entleeren und Wiederaufladen noch einen solchen Aufwand an Arbeitskräften, daß man auf möglichste Vereinfachung des ganzen Verfahrens bedacht sein muß. Es empfiehlt sich daher, einen Strang des Anschlußgleises parallel zur Halle zu verlegen und direkt daneben — eventuell auf beiden Seiten — Lagerschuppen zu errichten, die nach dem Gleis zu offen sind und eine möglichst große Länge, aber nur geringe Tiefe besitzen. Auf diese Weise können die Flaschen im Bedarfsfalle aus mehreren Waggons gleichzeitig abgeladen und auf kürzestem Wege an den Lagerplatz gebracht werden, ohne daß die Mannschaften sich gegenseitig behindern. Vielfach werden die Flaschen zur Entleerung aus dem Schuppen in die Halle transportiert und hier an eine Füllanlage angeschlossen, welche im wesentlichen aus Sammelrohren besteht, von denen sich in kurzen Abständen biegsame, mit den Flaschenventilen zu verschraubende Rohre abzweigen. Dieses nochmalige Umladen ist auf alle Fälle zu vermeiden, indem eine Gasleitung aus der Halle in den Lagerschuppen geführt und hier mit einer Reihe von Anschlußstücken versehen wird. Die Füllanlage kann dann direkt im Lager-Schuppen an die Gasbehälter angeschlossen und durch einen Spiralschlauch mit der Rohrleitung verbunden werden. Die einzelnen an einen Strang angeschlossenen Stapel sollten maximal 250 Flaschen umfassen, damit diese nach erfolgter Entleerung sofort wieder in einen Waggon verladen und fortgeschickt werden können. Nur so ist es möglich, mit einer geringen Anzahl von Flaschen auszukommen, deren Anschaffung ein ganz beträchtliches Kapital erfordert.

Auch bei günstigster Anordnung der Lagerschuppen, der Füllanlage etc. bleibt die Wasserstoffbeschaffung eine Kalamität, die zum großen Teil mit schuld daran sein dürfte, daß die Luftschiffahrtsunternehmen sich nicht rentieren. Man bedenke nur folgendes: Um 300 000 cbm Gas herbeizuschaffen, denen ein Auf-

trieb von ca. 330 000 kg entspricht, muß ein Flaschengewicht von 3 900 000 kg vom Luftschiffhafen oft über Hunderte von Kilometern nach dem Wasserstoffwerk und zurück transportiert und hier wie dort abgeladen werden! — Ein Mittel, dieses umständliche Verfahren zu vereinfachen, besteht darin, Spezialwagen zu beschaffen, auf denen 500 Gasbehälter ein- für allemal aufgestapelt werden, die durch ein System von Füllrohren miteinander verbunden sind. Hierdurch können die Gasbehälter direkt vom Kompressor aus gefüllt und nach Anschluß an die Gasleitung der Luftschiffhalle entleert werden. Das Auf- und Abladen sowohl wie das Anschließen und Lösen der Füllanlage kommt also in Wegfall, womit schon eine wesentliche Ersparnis erzielt ist. Es bleiben aber immer noch die Unkosten für die Fracht, die sich, wie in Abschnitt III bereits erörtert, bei größerer Entfernung vom Wasserstoffwerk außerordentlich teuer stellt, obwohl ihre Berechnung nach dem ermäßigten Spezialtarif III erfolgt.

Ganz neuerdings ist nun — wie verlautet — die Beförderung des Wasserstoffes in größeren, auf besonders konstruierten Wagen eingebauten Behältern zugelassen worden. Die Fracht wird in diesem Falle nach den Sätzen der in Kesselwagen zu befördernden Stoffe berechnet, wodurch sich die Kosten auf reichlich die Hälfte der bisherigen ermäßigen. Diese bedeutende Kostenersparnis dürfte zur Folge haben, daß die neue Beförderungsart bald verbreitete Anwendung findet. Auch in diesem Falle ist außerhalb der Halle in der Nähe des Bahngleises ein Rohranschluß herzustellen, so daß der Wasserstoff, ohne daß die Behälter abzuladen sind, direkt in die Gasleitung der Halle übergeführt werden kann. Diese Leitung ist durch die ganze Länge der Halle hindurch unterhalb des Bodens zu verlegen, um den Verkehr in keiner Weise zu behindern. Ihr Abstand aus der Längsmitte sollte nicht mehr als 2 bis 3 m betragen, damit sich möglichst kurze Füllschläuche ergeben, die teuer sind und sich stark abnutzen; in einer Doppelhalle wird die Leitung aus gleichem Grunde ungefähr in der Hallenmitte liegen. — Zum Anbringen der Füllschläuche sind entsprechend der Lage der Gaszellen, also in Abständen von ca. 8 m, T-Stücke in die Rohrleitung einzufügen, an die sich Ventil und Kupplungsflansch anschließen. Hierfür sind im Boden durch Deckel verschließbare Ausschachtungen vorzusehen, welche zweckmäßig so groß bemessen werden, daß sich die ganzen Füllschläuche

bei Nichtbenutzung hineinlegen lassen. Da die Rohrleitung mit der Zeit immer etwas Rost ansetzen wird, empfiehlt es sich, das Gas vor dem Austritt in die Zellen des Luftschiffes durch ein im Fülltrichter angebrachtes Sieb oder besser durch einen gasdurchlässigen Stoffschlauch zu filtrieren.

Die Benzinversorgung eines Luftschiffes gestaltet sich schon aus dem Grunde wesentlich einfacher, weil unter den gleichen Verhältnissen, die für die Ermittelung des Wasserstoffbedarfs angenommen wurden, dem Gewichte nach vielleicht nur der hundertste Teil an Benzin einschließlich Transportgefäßen herbeizuschaffen ist. Jedoch sind wegen der großen Feuergefährlichkeit besondere Sicherheitsvorkehrungen zu treffen für das Umfüllen und Lagern des Benzins. Hierfür existieren mehrere Verfahren; am bewährtesten ist dasjenige der Maschinenbau-Akt.-Ges. Martini & Hüneke, welches im wesentlichen darauf beruht, daß das Benzin im Lagerbehälter unter dem Druck nicht entzündbarer Gase, wie Kohlensäure oder Stickstoff steht, und daß es in besonders gesicherten Rohrleitungen an die Verbrauchsstellen geführt wird. Die eigentliche Benzinleitung ist nämlich von einem Mantelrohr umgeben, und der zwischen beiden verbleibende Raum mit dem von den Schutzgasen ausgefüllten Raum des Lagerbehälters in Verbindung gesetzt. Bei Defektwerden eines Rohres entweicht also der Gasdruck; ohne denselben kann das Benzin aber nicht austreten, es fließt vielmehr in den Behälter zurück, da dieser tiefer liegt als die Leitung. — Für die Entnahme in der Halle wird man etwa auf halber Schiffslänge bzw. in möglichster Nähe der Gondeln im Boden Zapfstellen anordnen, von denen aus das Benzin durch einen Verbindungsschlauch in die Behälter des Luftschiffes geleitet wird, ohne daß es mit der Außenluft in Berührung kommt. Das Einfüllen aus den Transportgefäßen kann außerhalb der Halle an beliebiger Stelle — in der Nähe der Straße oder des Gleises — erfolgen. Man wird aber darauf bedacht sein, mit einer möglichst kurzen Leitung auszukommen, da die Rohre sehr kostspielig sind. Auch hier ist es also zweckmäßig, neben der Längsseite der Halle ein Anschlußgleis zu haben, um das Benzin vom Waggon aus einfüllen zu können und auf kürzestem Wege an die Zapfstellen gelangen zu lassen.

Die sonstigen, im Luftschiff-Fahrbetriebe benötigten Betriebsstoffe weichen kaum von denen einer jeden Werkstätte ab, so daß

sich ein weiteres Eingehen hierauf erübrigt. Erwähnung verdient vielleicht, daß zum Reinigen der Maschinenteile der leichten Entzündbarkeit wegen kein Benzin genommen werden darf; ein Ersatzmittel ist Tetrachlorkohlenstoff, der dieselbe reinigende Wirkung haben soll, aber nicht feuergefährlich ist.

Für den Betrieb eines Luftschiffhafens sind schließlich noch eine Reihe von Räumlichkeiten zu schaffen, die entweder in den Seitenfeldern der Halle abgetrennt oder besser bei Vorhandensein eines besonderen Werkstättengebäudes diesem angegliedert werden können. Hierher gehören ein Bureau für die Verwaltung des Luftschiffhafens und für die Führung des Luftschiffes; ferner ein Navigationsbureau, welches gleichzeitig zur Aufbewahrung der Instrumente und Apparate dient. Für die übrige Besatzung ist mindestens ein Wasch- und Umkleideraum vorzusehen; erwünscht ist es aber, daß für die ganze Besatzung Schlafräume geschaffen werden, da die Hallen meistens weitab von der Stadt liegen, die Fahrten mit ihren Vorbereitungen aber häufig in die frühesten Morgenstunden fallen. Für die Verpflegung der Beamten und der Arbeiter ist eine Kantine mit den zugehörigen Nebenräumen erforderlich. In Hallen, die auch dem Besuche des Publikums freigegeben sind, werden die allgemein zugänglichen Räume durch ein Geländer abgegrenzt werden müssen, damit die Mannschaften bei der Bedienung des Schiffes, insbesondere beim Ein- und Ausfahren in keiner Weise behindert sind. Hinter dem Geländer kann zwischen den Wandstützen ausreichende Sitzgelegenheit geschaffen und ein Restaurationsbetrieb eingerichtet werden, der immerhin noch einige Nebeneinnahmen bringen wird. Durch mehrere Seitentüren gelangt man von hier aus auf den Landeplatz, womit gleichzeitig für den Fall eines Feuerausbruches Ausgänge geschaffen sind.

Namen- und Sachverzeichnis.

Ankern 37.
  Ankerkreuz 47.
  » pfähle 47.
  » sockel m. Ring 42, 131.
  » türme 45.
  » wagen 48.
  Auftriebsschwankungen 37.
  Stirnwiderstand 38, 44.
Ansegelungslichter 86.
Ansteuerbarkeit 28.
Aßmann 15.
Aufgabe der Häfen 4.
Aufhängung der Luftschiffe 97, 132.
Aufklappbare Hallen 99.
Ausguck 89.
Ausnutzbarkeit des Geländes 13.

Ballonhallenbau (A. Müller) 77. 102.
Baumaterial für Hallen 127.
Behrens und Kühne 102.
Benzin-Lagerung 140.
  » -Transport 85.
Bergungs-Einrichtungen 77, 111.
Beton-Anker 42.
  » -Hallen 129.
Bimsbeton 126.
Bodenbeschaffenheit 26.
  » oberfläche bezügl. Windgeschwindigkeit 18.
  bezügl. Wirbelbildung 20.
Busch 110.
Buß und Co. 108.

Dacheindeckung 125.
Doppelhalle 52, 104.
Drachenballon 88.
Drehhallen
  Anwendung 103, 107.
  Aufstellung 33, 108.
  Bergung der Schiffe 93.
  Konstruktion mit und ohne Boden 95.
  Platzbedarf 33.
Drehgestelle 80.
Drehtore 123.
Druckmittelpunkt 44, 56, 80.
Dynamische Wirkungen 41.

Ein- und Ausfahren 50.
  Laufkatzen 60.
  Führungsschienen 60.
  » -Wagen 64.
  verfehlte Konstruktionen 66.
Einzelhallen 106.
Eisenkonstruktion 128.
Erdanker 42.
Ermus 103.
Eternit 126.

Falttore 124.
Federtaue 43.
Fenster 129.

Festigkeit der Luftschiffe 69.
Festmachen 48.
Feuersicherheit 106.
Frankfurt 115.
Fußboden 131.

Gasometer 12.
Gelände 14, 20.
Gerüste 117, 135.
Gewitter 22.
Gondelgraben 117.
Gotha 9, 28, 29.
Grenzhallen
  Lage 7.
  Hallentyp 112.

Hallentypen 90.
Halteleinen
  Angriffspunkt 56, 68, 73.
  Anzahl 73.
  Richtung 56, 63.
Haltemannschaft 44, 54, 58.
Hann 21.
Hauptstationen
  Lage 7.
  Hallentyp 112.
Höhenlage der Häfen
  bezgl. Ansteuerbarkeit 28.
  » Tragfähigkeit der Schiffe 27.
Holzhallen 127.

Isolierung gegen Temperatur-Einflüsse 128.

Ketten als Anker 41.
Kiel 115.
Kreuzpoller 49, 51, 53.

Längshallen, feststehend
  Anwendung 104.
  Aufstellung 31, 90.
  Platzbedarf 31.
Laufstege 134.
Leichlingen 65.
Leitern 136.
Linke 22.
Lüftung 130.
Luftschiffe (siehe S, U, Z.)
  Aufhängung 97, 132.
  Festigkeit 69.
  Tranportfähigkeit 92, 97.

Magazinräume 133.
Martini & Hüneke 140.
Maße der Hallen 112.
Militär-Luftschiffhallen 6.

Nebel 26.
Nebenräume 141.
Neumann 39.
Niederschläge 25.

Platzbedarf 31.
Private Häfen 9.
Profil der Hallen 115.

Revision 134.
Ruberoid 126.
Rundhallen 91.

Schiebetore 123.
Schleusenhallen 108.
Schutzwände 76.
Schwimmende Hallen 99.
Segeltuch 81, 119, 125.
Seitenwiderstand 55, 68.
Sichtbarkeit 30, 108.
Signaleinrichtungen 86.
S.-L.-Schiffe 39, 41, 55, 98, 114, 132.
Stephansdach 127.
Sternhalle 91.
Stirnwiderstand 38.

Telefunkenstation 87.
Temperatur, Einfluß auf
  Gasverbrauch 24, 128.
  Tragfähigkeit 23.

Thermische Ursachen der Wirbelbildung 21.
Toranlagen 121.
Transportable Hallen 9, 101.

Unstarre Schiffe 39, 74, 132.

Verholen der Schiffe 48, 50, 67.
Verhol-Spills 50, 67.
Verkehrslage 10.
Vertikale Kräfte 37, 57, 64.
» Luftströmungen 20.
Vorhänge 119.

Wandverkleidung 81, 126.
Wasserleitung 85.
Wasserstoff-
-Beschaffung 12, 138.
-Leitung 85, 139.
-Verbrauch 11.
Wellblech 81, 126.
Werften 10, 104.
Werkstätten 136.
Widerstand,
Seiten- 55, 68.
Stirn- 38, 44.
Wind-
-Druck 38.
-Messung 88.
-Richtung 19.
-Schutz 76.
-Verteilung 15.
Wirbel 20.
Wirtschaftlichkeit 10.

Z-Luftschiffe 39, 44, 55, 73, 97, 114, 132.
Zwischenstationen 9.

re
iff-
n
RIKA·G
IRG

missionen

rzeugnisse leistungs-

tten.

ÜGE:

nbedingte Be-

ste Abnutzung

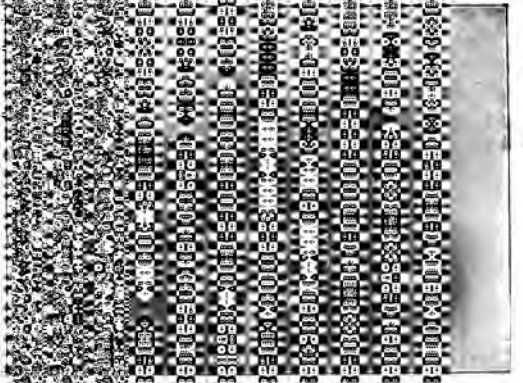
arlager

Dohmen Leblanc

ebe

kenlos zur Verfügung.

bau-A.-G. Dessau



Kompressor-
Antrieb mittels

Lenix

Größte Übersetzung
bei kürzestem
Achsenabstand

Raumersparnis

Schonung der
Riemen

Gering belastete
Lager

L. BERNHARD & Co.

BERLIN NW 40 / DÖBERITZERSTR. 3/4

FERNSPRECHER: BERLIN MOABIT 1571
TELEGR.-ADR.: WELLBLECH BERLIN

Projektierung und Ausführung von

Luftschiffhallen

aller Art

Luftschiff-Verankerungen

Einrichtungen für das Ein- und Ausfahren der Luftschiffe

Fahrbare Leitern
Luftschiffhallentore

usw.

Zeppelin Hallenbau

G. m. b. H. Berlin W. 50, Kurfürstendamm 13

Fernspr.-Amt Steinplatz: 7541 u. 9115
Telegr.-Adresse: Zeppelinbau, Berlin

(Tochtergesellschaft des „Luftschiffbau Zeppelin G. m. b. H.“
Friedrichshafen-Bodensee)

Bau von betriebsfertigen

Luftschiffhäfen · Luftschiffhallen

mit allen Nebenanlagen und vollständiger Ausrüstung

AUSFÜHRUNGEN IM JAHRE 1913:

Militär-Luftschiff-Bergehalle . . . . . Liegnitz
Militär-Luftschiff-Bergehalle . . . . . Posen
Städtischer Luftschiffhafen . . . . Dresden-Kaditz
Werft des „Luftschiffbau Zeppelin“ Wildpark-Potsdam

AUSFÜHRUNGEN IM JAHRE 1914

(im Bau):

Kriegsluftschiffhafen . . . . . Düsseldorf
Kriegsluftschiffhafen . . . . . Mannheim
Kriegsluftschiffhafen . . . . . Schneidemühl
Kriegsluftschiffhafen . . . . . Dresden
Kriegsluftschiffhafen . . Friedrichshafen-Bodensee
Luftschiffhafen . . . . . Braunschweig

SPEZIALITÄT:

Ausführung drehbarer Hallen

nach eigenem System. D. R.- u. Auslandspatente angemeldet!

BAMAG

Berlin-Anhaltische Maschinenbau-A.-G.

Dessau I u. II
Cöln-Bayenthal

Berlin NW 87

Mailand
Zeist in Holland

Beamte und Arbeiter: 6000 — Jahresumsatz: 35 Millionen
Kabelwort: Bamag-Berlin

Wasserstoffgas-Anlagen

für industrielle Zwecke und für die Luftschiffahrt

erbauen wir nach dem

Schacht- und Kontaktverfahren
D. R. P. u. Auslandspatente

nach dem

Dekarburationsverfahren
D. R. P. u. Auslandspatente

nach dem Verfahren der

Badischen Anilin- und Sodafabrik
D. R. P. angem.

und nach dem Verfahren von

Linde-Frank-Caro D. R. P. u. Auslandspatente

in Gemeinschaft mit der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen Act.-Ges.

Garantierte Reinheit des Wasserstoffs
ohne Nachreinigung 97-98 v. H., mit Nachreinigung bis zu 99,6 v. H.

Der Wasserstoff ist völlig frei von Schwefel-, Arsen-, Phosphor-Verbindungen, von Staub und Feuchtigkeit

Bis zum 1. Juli 1914 erbauten wir oder nahmen wir in Auftrag
32 Wasserstoffgas-Anlagen von über 46 Millionen cbm
jährlicher Gaserzeugung

Entwürfe und Angebote kostenlos

L. Stromeyer & Co.

Konstanz (Baden) · Kreuzlingen (Schweiz)

Mech. Segeltuchwebereien, Zelte- und Hallenbauanstalt

liefern:

Transportable Luftschiffhallen mit Segeltuchbekleidung

Segeltuch-Vorhänge

nach bewährtem System für Luftschiffhallen

Flugzeug-Zelte

in allen Größen

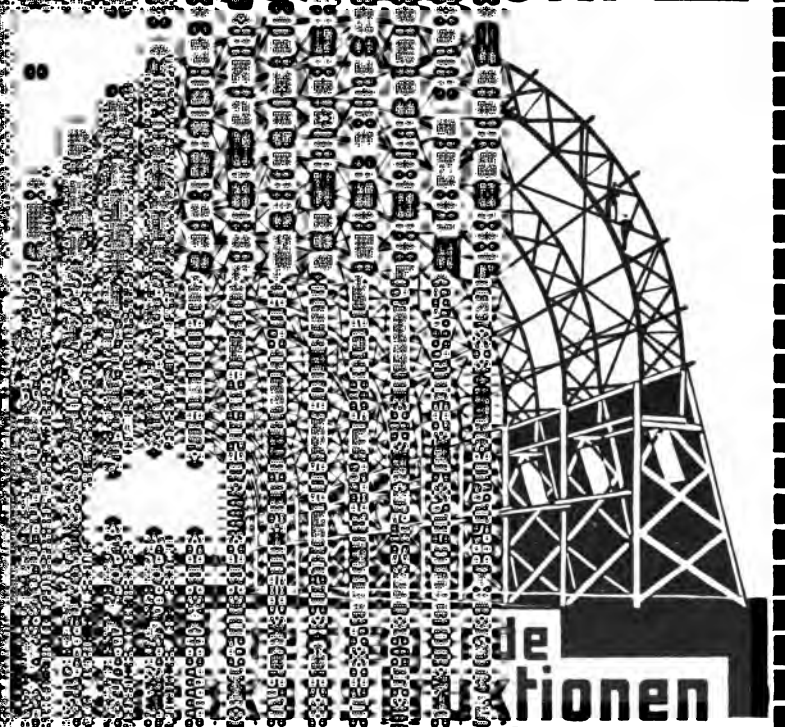
Wasserdichte Planen

zum Eindecken von Luftschiffhallen und Flugzeugschuppen

kauf- und leihweise.

Wasserdichte Unterlagsplanen, Korbdecken, Sandsäcke für Freiballone

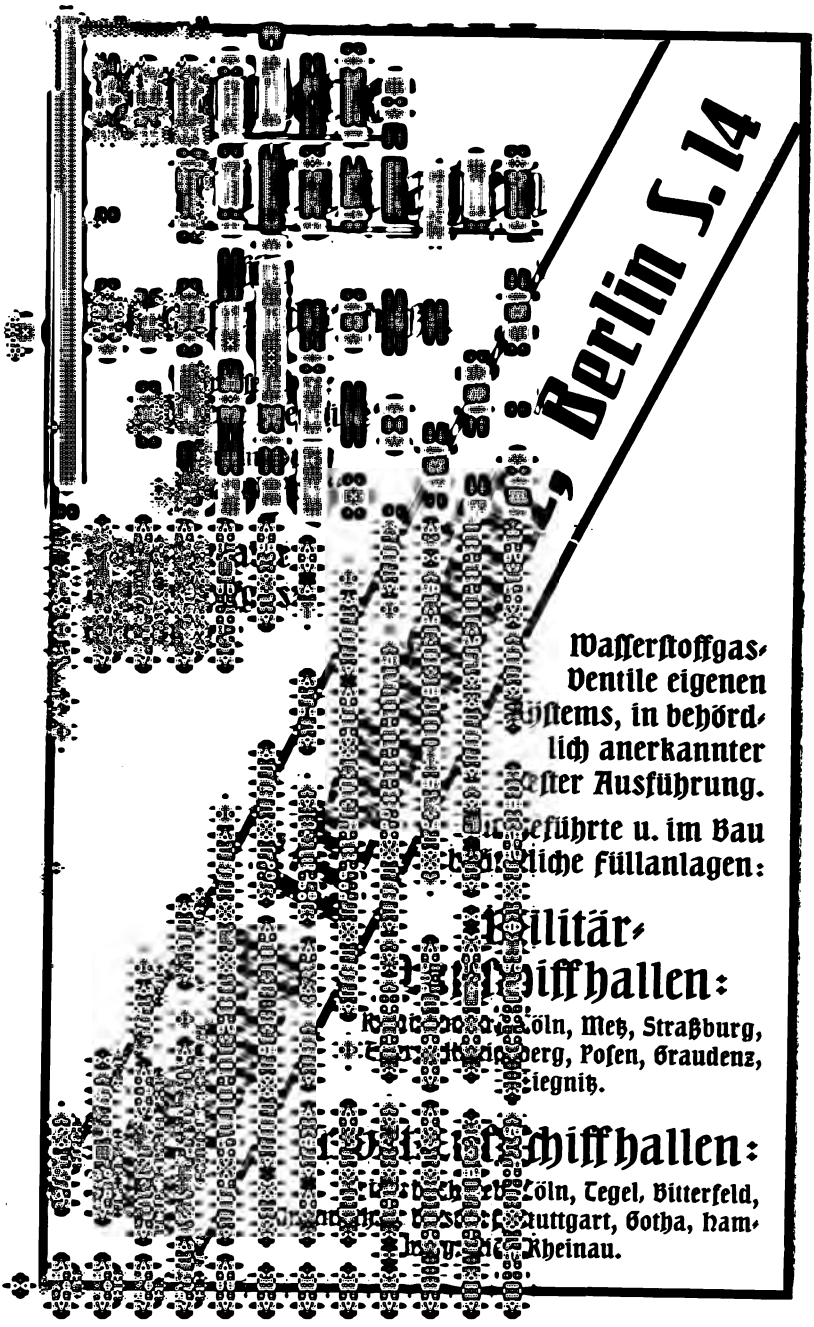
DACH
ORF 99/42

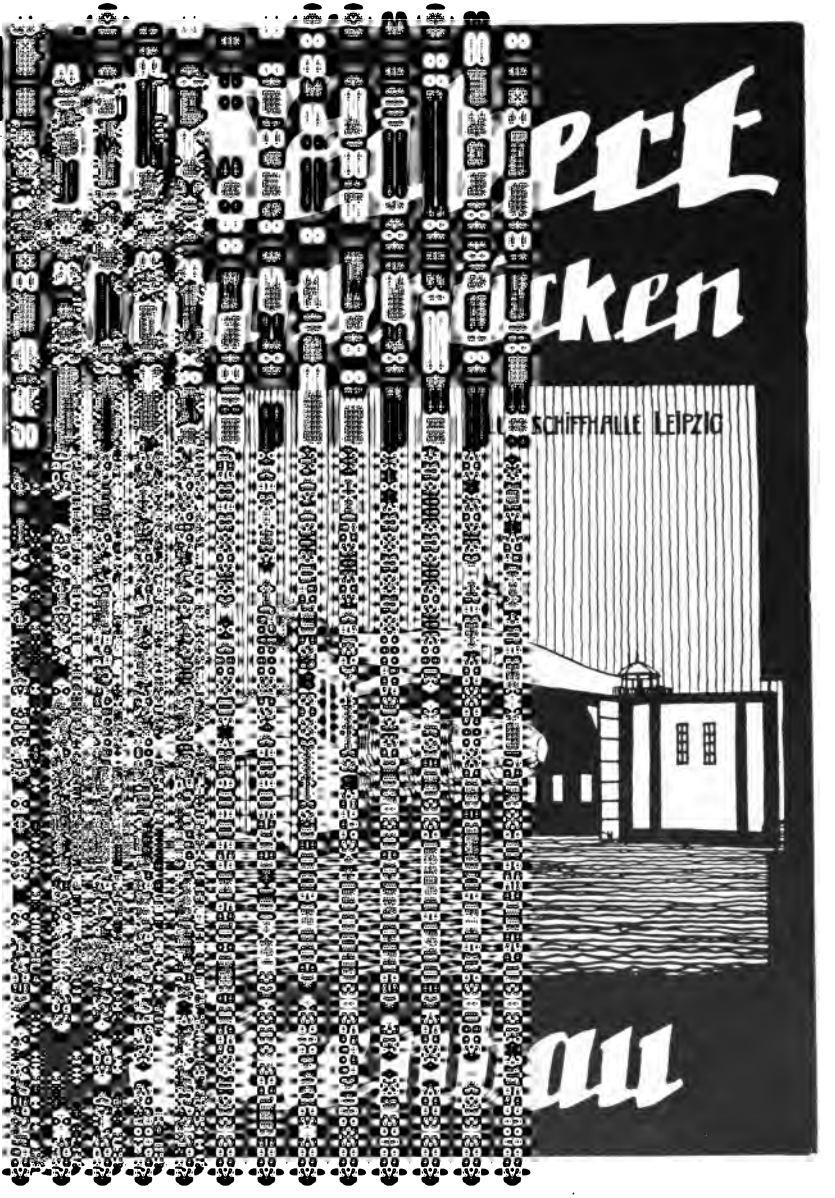


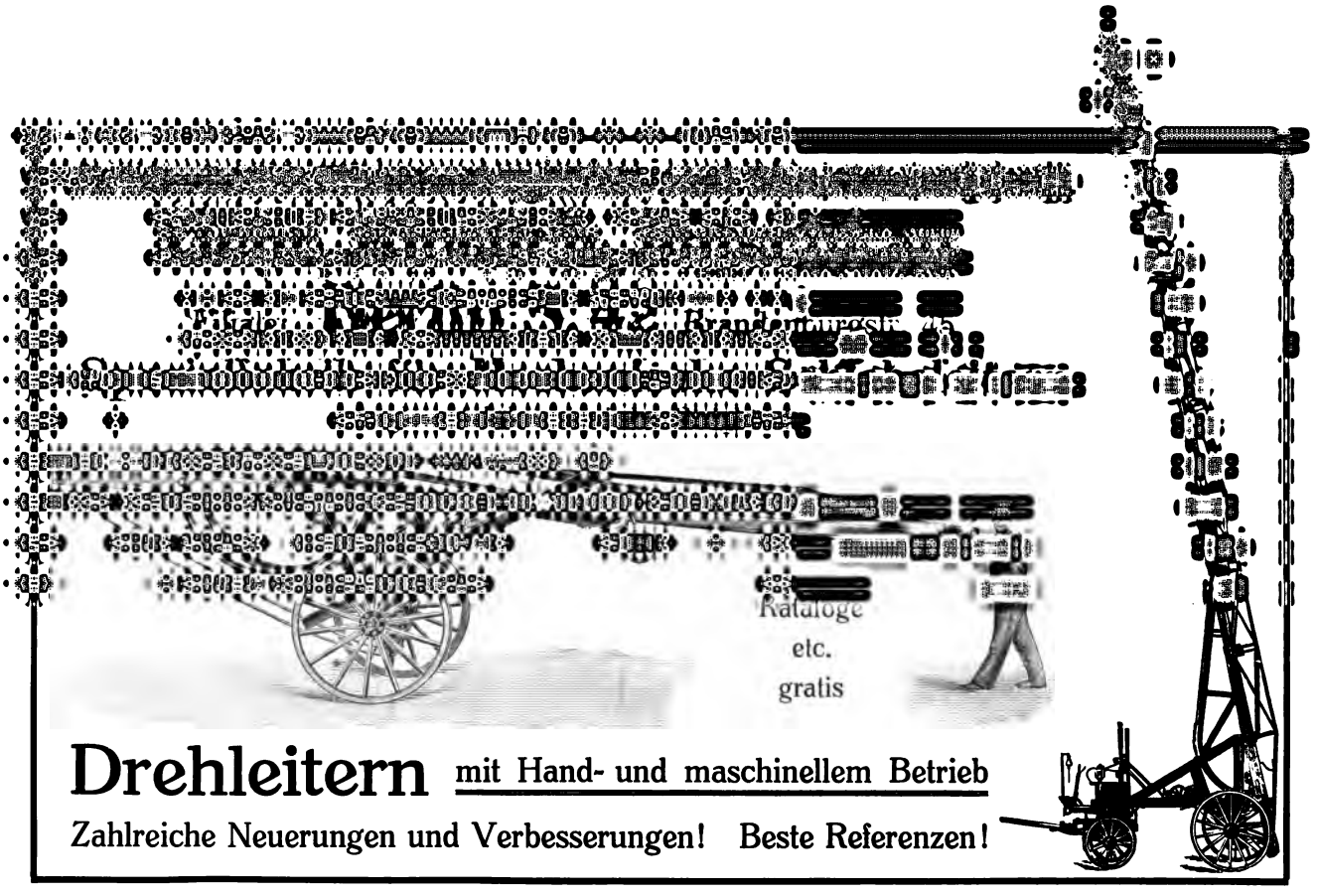
de
ktionen
ller Art.

Bernbrunn-
gasse 39

Act.-Ges., Arena-ut 64


Berlin S. 14
Wasserstoffgas-
Ventile eigenen
ystems, in behörd-
lich anerkannter
ster Ausführung.
eführte u. im Bau
liche Füllanlagen:
Militär-
Luftschiffhallen:
Köln, Metz, Straßburg,
berg, Posen, Graudenz,
Liegnitz.
Luftschiffhallen:
Köln, Tegel, Bitterfeld,
uttgart, Gotha, Ham-
Rheinau.


ert
cken
SCHIFFHALLE LEIPZIG
au


Kataloge
etc.
gratis
Drehleitern
mit Hand- und maschinellem Betrieb
Zahlreiche Neuerungen und Verbesserungen! Beste Referenzen!

Phot. R. Sennecke, Berlin
[illegible] Dachhaut
[illegible]-Gesellschaft
[illegible] „[illegible]em Ermus“
[illegible] Nr. 112
[illegible] Nr. [illegible]ndorf: 2287 und 2706
[illegible]iffhallen
[illegible] Minuten
[illegible] Abbildungen stehen
[illegible]
[illegible] gemeldet!

R. OLDENBOURG, VERLAG, MÜNCHEN-BERLIN

Luftfahrzeugbau u.-Führung

Hand- u. Lehrbücher des Gesamtgebietes in selbständigen Bänden

Unter Mitwirkung hervorragender Fachgelehrter herausgegeben

von **Georg Paul Neumann**

Hauptmann a. D.

Soeben erschien:

Band XVI:

Die angewandte Chemie in der Luftfahrt

Von **Dr. Géza Austerweil**

Levallois bei Paris

VIII und 190 Seiten 8°. Mit 92 Textabbildungen

In Leinwand geb. Preis M. 6.—

Bisher sind erschienen:

I. und II. Band

Aeronautische Meteorologie

Von **Dr. Franz Linke**

Teil I

VIII und 133 Seiten 8°. Mit 43 Textabbildungen und 8 Tabellen

In Leinwand gebunden Preis M. 3.—

Teil II

VIII und 126 Seiten 8°. Mit 37 Textabbildungen und 7 farbigen Tafeln

In Leinwand gebunden Preis M. 3.50

III. Band

Chemie der Gase

Allgemeine Darstellung der Eigenschaften und Herstellungsarten der für die Luftschiffahrt wichtigen Gase

Von **Dr. Friedrich Brähmer**

VIII und 145 Seiten 8°. Mit 62 Textabbildungen und 3 Tabellen

In Leinwand gebunden Preis M. 4 —

IV./V. Band (Doppelband)

Der Maschinenflug

Seine bisherige Entwicklung und seine Aussichten

Von **Joseph Hofmann**

232 Seiten 8°. Mit 160 Textabbildungen

In Leinwand gebunden Preis M. 6.—

R. OLDENBOURG, VERLAG, MÜNCHEN-BERLIN

VI. Band

Luftschrauben

Leitfaden für den Bau und die Behandlung von Propellern

Von **Paul Béjeuhr**

VII und 180 Seiten 8°. Mit 90 Textabbildungen
In Leinwand gebunden Preis M. 4.—

VII., VIII. und IX. Band

Bau und Betrieb von Prall-Luftschiffen

Von **R. Basenach**

Teil I

VI und 101 Seiten 8°. Mit 22 Textabbildungen
In Leinwand gebunden Preis M. 3.—

Teil II

VI und 117 Seiten 8°. Mit 80 Textabbildungen
In Leinwand gebunden Preis M. 3.—

Teil III

(In Vorbereitung)

X., XI. und XII. Band

Mechan. Grundlagen des Flugzeugbaues

Von **A. Baumann**

Teil I

154 Seiten 8°. Mit 36 Abbildungen und 2 Tafeln
In Leinwand gebunden Preis M. 4.—

Teil II

114 Seiten 8°. Mit 28 Textabbildungen und 18 Tafeln
In Leinwand gebunden Preis M. 4.—

Teil III

(In Vorbereitung)

XIII. Band

Leitfaden der drahtlosen Telegraphie für die Luftfahrt

Von **Max Dieckmann**

X und 214 Seiten 8°. Mit 150 Textabbildungen
In Leinwand gebunden M. 8.—

XIV. Band

Die Wasserdrachen

Ein Beitrag zur baulichen Entwicklung der Flugmaschine

Von **Joseph Hofmann**

VI und 87 Seiten 8°. Mit 57 Abbildungen im Text und 2 Tafeln
In Leinwand gebunden M. 4.—

Ausführliche Prospekte stehen kostenfrei zur Verfügung.

ALB. BUSS & CIE., A.-G.

WYHLEN (BADEN)

Eisenhoch- und Brückenbau

Besonderheit:

Luftschiffhallen und Luftschiffhäfen

eigener und fremder Systeme

Alleinige Ausführungsberechtigte der Luftschiffhallen System: Geheimer Regierungsrat Professor Schütte

Sonstige Erzeugnisse:

Brücken, Fabrikbauten, Stauwehre, Fernleitungsmaste, schmiedeeiserne Fenster, Apparate für die chemische und elektrotechnische Industrie.

R. OLDENBOURG, VERLAG, MÜNCHEN-BERLIN

Zeitschrift für

Flugtechnik und Motorluftschiffahrt

Organ der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Flugtechnik

Herausgeber und Schriftleiter:

Ingenieur **Ansbert Vorreiter**

Leiter des wissenschaftlichen Teils:

Prof. Dr. **L. Prandtl** und Prof. Dr.-Ing. **Bendemann**

Jährlich 24 Hefte mit zahlreichen Abbildungen u. Tafeln. Preis für den Jahrgang M. 12.—, für das Halbjahr M. 6.—